



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

E.A.P. DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

**Modificación de la sección de paso de fluido oleohidráulico
en la bomba de carga para incrementar el caudal en la
bomba de servicio Rexroth modelo A4VG56**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Para optar el Título de Ingeniero Mecánico de Fluidos

AUTOR

Oscar Luis Chacón Enciso

LIMA – PERÚ
2014

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: FUNDAMENTOS DEL ESTUDIO	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos especificos	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	4
2.2 BASES TEORICAS FUNDAMENTALES	8
2.2.1) Oleo hidráulica	8
2.2.1 Aceites hidráulicos	9
a. Viscocidad.	
b. Índice de viscosidad.	
c. Punto de Inflamación.	
d. Punto de congelamiento.	
e. Índice de Neutralización.	
f. Poder Anticorrosivo.	
g. Poder Antiespumante.	
h. Filtrabilidad.	
i. Cambio Volumétrico.	
j. Compresibilidad.	
2.3 BOMBAS HIDRAULICAS	15
2.3.1 Criterios de selección	15
2.3.2 Clasificación	16
2.4 BOMBAS DE PISTONES AXIALES	17
2.4.1 Circuito abierto	17
2.4.2 Circuito cerrado	18
2.4.3 Eje inclinado	19
2.4.4 Placa inclinada	25
2.5 BOMBA REXROTH A4VG56	32
2.5.1 Características	32
2.5.2 Identificación del producto	32
2.5.3 Descripción del aparato	33
2.5.4 Construcción de la maquina de pistones axiales	34
2.5.5 Descripción de funcionamiento	35
2.6 VARIADORES DE PRESIÓN, CAUDAL Y PRESION	35

2.6.1	Regulador de presión DR	36
2.6.2	Regulador de presión para servicio paralelo DP	36
2.6.3	Regulador de caudal FR	37
2.6.4	Regulación de presión y de caudal DFR	37
2.6.5	Regulador de potencia LR2 con curva característica hiperbólica	37
2.6.6	Regulador de potencia LR3 con curva característica de potencia variable a distancia	38
2.6.7	Variador Hidráulico LR2N y LR3N, función de la presión de mando, posición básica $V_{g \min}$	39
2.6.8	Variador Hidráulico LR2N y LR3N, función de la presión de mando, posición básica $V_{g \min}$	39
2.6.9	Variador Electromotorico EM	40
2.6.10	Variador hidráulico HD función de la presión de mando	40
2.6.11	Variador hidráulico HM ½ función del volumen	41
2.6.12	Sistema de regulación HS, HS4 con servo válvula o válvula Proporcional	42
2.6.13	Sistema de regulación EO1/2.	42
2.6.14	Regulación de velocidad de rotación DS1 regulado por regulación secundaria	43
2.6.15	Sistema de regulación electrohidráulico DFE1	43
2.7	BASES TEORICAS DE INGENIERIA	44
2.7.1	Ecuacion de bernoulli	44
2.8	GLOSARIO DE TERMINOS	47
	a. Temperatura	
	b. Presión	
	c. Caudal	
	d. Potencia hidráulica	
	e. Revoluciones por minuto (RPM)	
2.9	SIMBOLOGIA USADA SEGÚN LA DIN ISO 1219	51

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1	IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	58
3.2	CALCULOS DE LA PRESION Y CAUDAL NECESARIOS DE LA BOMBA	59
3.3	MODIFICACIÓN PROPUESTA	61
3.4	FABRICACIÓN DE LOS ANILLOS RESTRICTORES	63
3.4.1	Tipo de material	63
3.4.2	Esquema del anillo	64

CAPÍTULO IV: TRABAJO DE CAMPO.

4.1	PROCESO DE LA PRUEBA	65
4.2	ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS	65
4.3	PRUEBA FINAL EN CAMPO	66

CAPITULO V: CONCLUSIONES

5.1 CONCLUSIONES	71
5.2 RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFIA	73

ANEXOS

Anexo 01: Bomba hidráulica de pistones axiales – A4VG56

Anexo 02: Service Training – DEUTZ

Anexo 03: Equipo de medición MULTISYSTEM 5060 PLUS

Anexo 04: Equipo lanzador de concreto – INJEKTOR 30

INDICE DE FIGURAS

Figura 01: Esquema Hidráulico de la bomba A4VG56.

Figura 02: Esquema hidráulico a colores

Figura 03: Medición de variables a máximas rpm del motor diésel en traslación.

Figura 04: Mediciones de variables a máximas rpm del motor diésel en traslación lenta.

Figura 05: Circuito abierto

Figura 06: Circuito cerrado

Figura 07: Representación de una construcción de eje inclinado con ángulo giratorio α constante o variable.

Figura 08: Unidad constante con mecanismo propulsor de pistón cónico.

Figura 09: Principio de eje inclinando

Figura 10: Principio de eje inclinando - Piezas constructivas

Figura 11: Unidad constante (ángulo giratorio fijo), como bomba para circuito abierto o cerrado.

Figura 12: Unidad variable (ángulo giratorio variable) como bomba en circuito abierto con reajuste sin escalonamiento del volumen de desplazamiento

Figura 13: Bomba variable con variador electro-hidráulico, regulación en función del número de revoluciones y bomba auxiliar integrada.

Figura 14: Representación de una construcción de plaxo inclinada (con pistones paralelos al eje) con angulo giro α constante o variable.

Figura 15: Principio de placa inclinada

Figura 16: Principio de placa inclinada – piezas constructivas

Figura 17: Descomposición de fuerzas en la placa inclinada de la bomba

Figura 18: Principio básico de un grupo motor de placa inclinada.

Figura 19: Bomba variable para circuito cerrado

Figura 20: Bomba variable paara circuito abierto

Figura 21: Placa de características A4VG

Figura 22: Descomposición de fuerzas en la brida motriz de la bomba.

Figura 23: Descomposición de fuerzas en la placa de mando con su superficie esférica.

INDICE DE TABLAS

Tabla 01: Medición de variables a máximas rpm del motor diesel en traslación lenta.

Tabla 02: Mediciones de sistema hidráulico vehicular en traslación rapida.

Tabla 03: Clasificación de bombas hidráulicas

Tabla 04: Clasificacion de bombas hidraulicas

Tabla 05: Obtención de las magnitudes para bombas

Tabla 06: Ejemplo de ejecuciones con símbolo y diagrama esquemático.

DEDICATORIA

Esta monografía técnica esta dedicada a quienes mas me han influenciado en mi vida, dándome los mejores consejos, guiandome y haciendome una persona de bien, con todo mi amor y afecto se los dedico a:

Dios, a mi novia Melody Bazalar y mi familia.

INTRODUCCION

Maestranza Diésel SAC, con 72 años de experiencia en el mercado chileno desarrolla soluciones de ingeniería aplicada bajo estándares de alta calidad a sectores productivos como minería, energía, pesca, forestal, pulpa y papel, construcción, industrial, marítimo y naval.

En el 2000 se internacionaliza la empresa a través de su filial en Perú y la búsqueda del mercado minero local. Establecido en Perú se encuentra ubicado en la avenida Argentina N° 6190 / 6194 – Callao – Lima.

En 2010 apertura la línea de negocio de fabricación de equipos lanzadores de concreto para solucionar la demanda de la minería subterránea. Se inicia la fabricación del primer lanzador de concreto denominado INJEKTOR 30 para el cliente Consorcio Minera Horizonte (CMH).

El Lanzador de concreto o **SHOTCRETE**, es un equipo que procesa el hormigón comprimido que es proyectado a alta velocidad por medio de una manguera sobre una superficie, para conformar elementos estructurales y no estructurales en edificaciones. La mezcla que se utiliza para este tipo de hormigón es relativamente seca y se consolida por la fuerza del impacto, a la vez que desarrolla una fuerza de compresión similar al hormigón normal o al hormigón de alta resistencia dependiendo de la dosificación usada.

Para mayo del 2013 se culmina la etapa de ensamble del primer equipo SHOTCRETE denominado INJEKTOR 30 e inicia la etapa de prueba. El sistema de transmisión que está conformado por un motor diésel marca DEUTZ modelo BF4L2011 acoplada a una bomba hidráulica axiales de pistones marca REXROTH modelo 4AVG56/32 realizando una circuito cerrado con un motor hidráulico de marca REXROTH modelo AV6M y este acoplado al eje posterior de marca DANA SPIICE modelo 111. En el proceso se observó la traslación a 2 km/hrs en pendiente del 20% por lo que se procede a evaluar la bomba hidráulica en el banco de pruebas para incrementar su potencia para obtener mayor velocidad de traslación en 3 a 4 km/hrs. Después de realizar diversos análisis se pone énfasis en la regulación del variador hidráulico (DA) de bomba hidráulica y de los RPM del motor diésel.

La hipótesis fue reducir la sección de pase del fluido oleohidráulico atreves de los anillos restrictores para obtener mayor potencia y disminuir la el recalentamiento del motor diésel.

En esta monografía técnica muestra los parámetros de regulación y los diámetros internos de los anillos restrictores con las que se llegó a la regulación adecuada para el buen funcionamiento del INJEKTOR 30.

Así finalmente en diciembre del 2013 después de levantar la observaciones, se realiza la entrega final del equipo shotcrete a nuestro cliente Consorcio Minera Horizonte (CMH).

CAPITULO I: FUNDAMENTOS DEL ESTUDIO

1.1) PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se requiere incrementar el caudal de la bomba hidráulica REXROTH modelo A4VG56.

La bomba hidráulica acoplada al motor diésel marca DEUTZ modelo BF4L2011 y esta manda caudal al motor hidráulico y este transfiere a torque a los ejes y estos de acuerdo a una relación a los mandos finales y que son regulados por el pedal de aceleración

El equipo de medición MULTISYSTEM 5060 PLUS.

Se concluye que se requiere una mayor potencia aproximada a los 70 KW. Por tal razón se procede a poner énfasis en la regulación de la bomba hidráulica principal de traslación a través de la válvula DA (variador hidráulico).

1.2) OBJETIVOS

1.2.1) Objetivo general

- Incrementar el caudal de la bomba hidráulica REXROTH modelo A4VG56.
- Identificar la sección de pase optimo del anillo restrictor de la bomba de carga.

1.2.2) Objetivos especificos

- Incrementar la potencia de la Bomba hidráulica REXROTH modelo A4VG56.

1.3) JUSTIFICACIÓN

El DA (variador hidráulico) dependiente de la velocidad rotación, mediante una válvula reguladora DA se alimenta con presión el cilindro variador de la bomba a través de una válvula direccional de 4/3 vías. De este modo se puede ajustar en forma continua la placa y con ello la cilindrada. A cada sentido de flujo le corresponde un solenoide.

Velocidad creciente → mayor presión de mando

Mayor presión de mando → mayor cilindrada

La presión de servicio (presión alta) provoca, según la característica, un retroceso de la placa a la cilindrada correspondiente.

Presión creciente → menor cilindrada

A través del retroceso de la cilindrada de la bomba y de la compresión del número de revoluciones de la máquina de accionamiento se logra una regulación a momento constante ($T_{const.}$). La compresión del número de revoluciones implica una reducción de la presión de mando.

Una compresión del número de revoluciones al menor valor posible equivale a un aprovechamiento óptimo de la potencia de accionamiento. Esto se obtiene mediante el "inching parcial". Para ello la válvula reguladora DA se acopla mecánicamente con el pedal acelerador, es decir que a partir de una determinada velocidad (recorrido del pedal) la curva de mando se desplaza en forma paralela sobre la velocidad de régimen.

La absorción de una potencia adicional (por ejemplo mediante la hidráulica de trabajo) puede significar una reducción de la velocidad del motor. Esto conduce a la reducción de la presión de mando y con ello también la cilindrada de la bomba. La potencia liberada está plenamente disponible para otros consumidores. Distribución automática de la potencia, aprovechamiento total de la misma para la traslación y la hidráulica de trabajo.

Para mecanismos de traslación se emplea la válvula reguladora DA en combinación con el variador hidráulico de mando directo.

La cilindrada máxima en estos variadores se limita en función del ajuste del dispositivo de mando correspondiente.

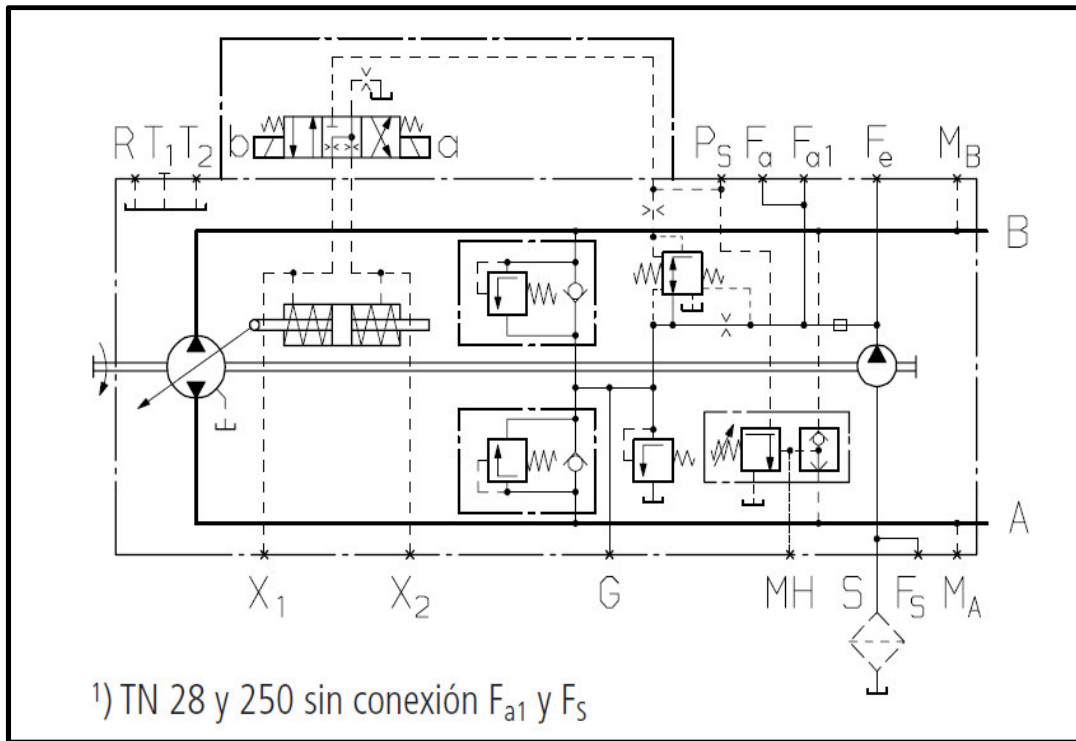


Figura 01: Esquema Hidráulico de la bomba A4VG56

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1) ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

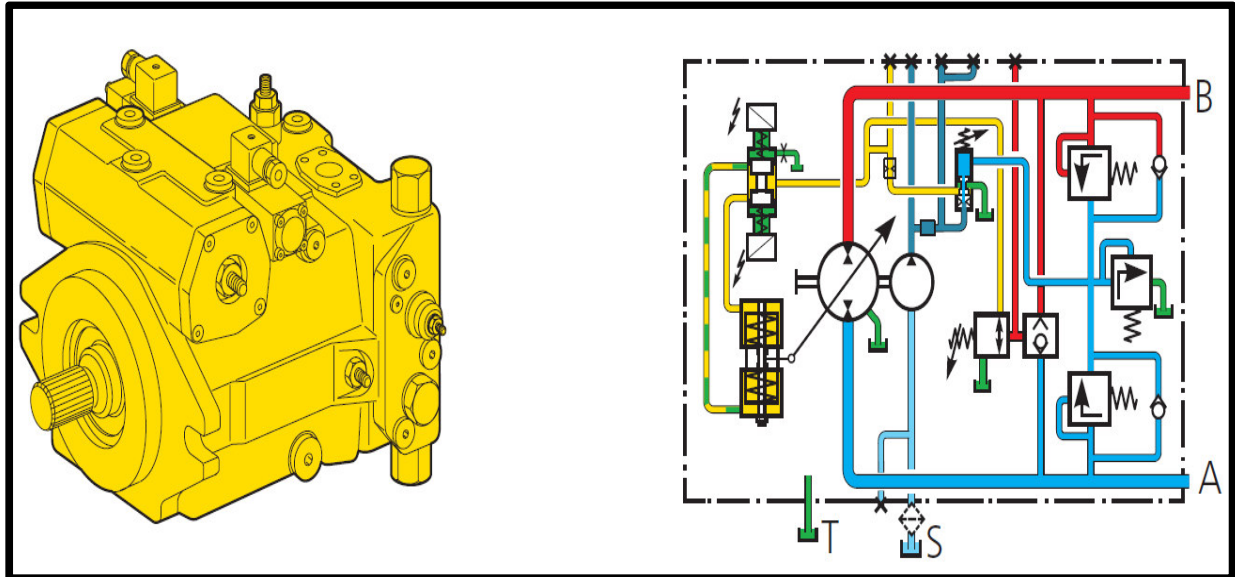


Figura 02: Esquema hidráulico a colores

Se presentan los datos obtenidos a partir de las pruebas del sistema hidráulico vehicular del equipo lanzador de concreto Injektor 30.

Las pruebas del sistema hidráulico vehicular consistieron en la medición de las siguientes variables:

- ✓ Regulación del control DA (bar) de la bomba de pistones axiales
- ✓ Medición de la presión de la bomba de carga
- ✓ Velocidades en RPM del motor diésel
- ✓ Caudales de la bomba de pistones axiales
- ✓ Presiones en la bomba de pistones axiales
- ✓ Presiones de drenaje en la bomba de pistones axiales
- ✓ Temperaturas de la bomba de pistones axiales
- ✓ Velocidades en RPM del motor hidráulico
- ✓ Presiones en el motor hidráulico
- ✓ Presiones de drenaje del motor hidráulico

Tabla N° 01. Mediciones de sistema hidráulico vehicular en traslación lenta

Sentido de Marcha	Avance			Retroceso		
Veloc. Motor Diesel (RPM)	1420	2035	2973	1475	2030	2963
Veloc. Motor Hidráulico (RPM)	17.4	460.5	1563	30	422	1546
Variable	Temperatura (°C)					
Mínimo	29.72	38.47	49.93	45.42	45.63	50.76
Máximo	32.5	46.6	62.5	49.51	51.25	60.14
Valor Promedio	31.12	43.27	59.4	47.22	49.27	57.3
Media cuadrática	31.13	43.33	59.5	47.23	49.3	57.36
Desviación Estándar	0.82	2.27	3.48	1.21	1.66	2.44
Bomba Hidráulica	Presión (bar)					
Mínimo	32.18	31.84	41.56	25.64	26.31	26.98
Máximo	33.35	33.52	49.77	26.48	27.82	32.18
Valor Promedio	32.77	32.57	45.24	26.06	27.11	29.58
Media cuadrática	32.77	32.57	45.28	26.06	27.11	29.6
Desviación Estándar	0.24	0.33	1.75	0.15	0.3	1.12
Bomba Hidráulica	Caudal Q (L/min)					
Mínimo	0	48.21	163.92	0.76	37.62	129.52
Máximo	51.5	50.47	166.94	77.88	41.57	134.45
Valor Promedio	1.58	49.19	165.3	2.21	39.64	131.98
Media cuadrática	5.35	49.19	165.3	5.54	39.64	131.99
Desviación Estándar	5.11	0.51	0.51	5.08	0.76	0.87

Figura N° 01 Mediciones de variables a máximas rpm del motor diesel en traslación lenta

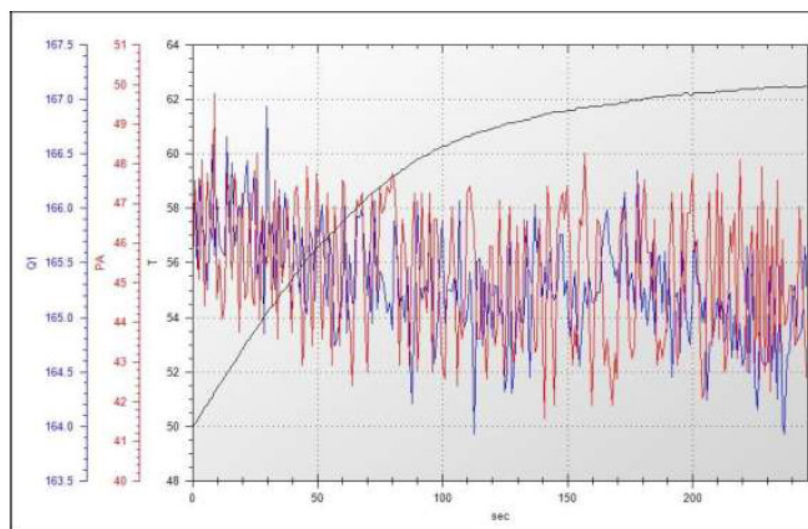


Figura 03: Medición de variables a máximas rpm del motor diésel en traslación.

La figura muestra que la temperatura (línea de color negro) del fluido hidráulico. Aumenta conforme aumenta el tiempo de prueba, con un mínimo de 49.93 °C y un máximo de 62.5 °C. La presión (línea de color rojo) se encuentra dentro de los valores nominales, con un valor mínimo de 41.56 bares y un máximo de 49.77 bares. El caudal desde la bomba hasta el motor hidráulico varía en un mínimo de 163.92 L/min y un máximo de 166.94 L/min.

Los gráficos de las medidas de las variables antes mencionadas a diferentes velocidades del motor diésel en traslación lenta y diferentes sentidos de marcha (avance y retroceso).

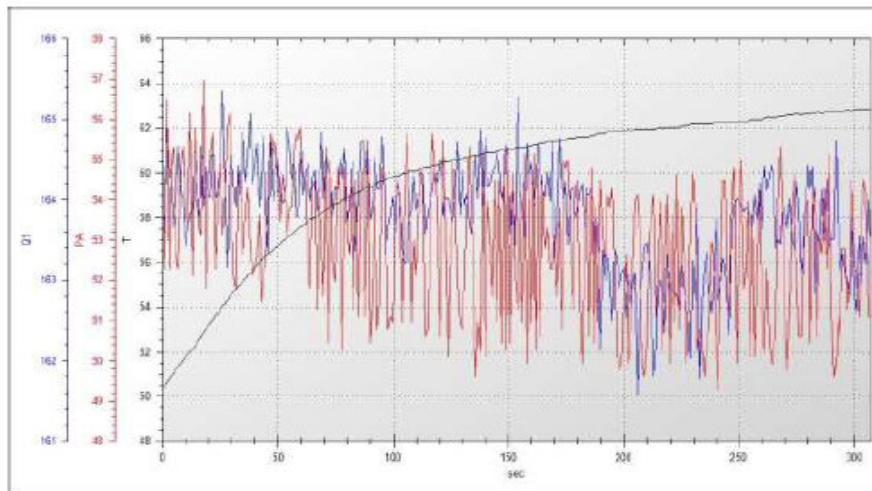
Tabla N° 02. Mediciones de sistema hidráulico vehicular en traslación rápida

Sentido de Marcha	Avance			Retroceso		
Velocidad Motor Diesel (RPM)	1412	2013	2952	1444	1998	2950
Veloc. Motor Hidráulico (RPM)	30	995	3450	46	886	3430
Variable	Temperatura (°C)					
Mínimo	46.94	45.49	50.35	43.89	45.21	47.99
Máximo	54.93	48.33	62.85	46.81	49.51	60
Valor Promedio	50.71	46.5	59.86	44.84	48.19	56.28
Media cuadrática	50.76	46.5	59.95	44.84	48.21	56.37
Desviación Estándar	2.3	0.87	3.16	0.86	1.3	3.2
Bomba Hidráulica	Presión (bar)					
Mínimo	34.52	34.69	49.27	23.47	24.97	27.65
Máximo	48.76	36.87	56.97	24.64	26.48	31.51
Valor Promedio	40.66	35.82	52.83	23.99	25.72	29.36
Media cuadrática	40.74	35.82	52.86	23.99	25.72	29.37
Desviación Estándar	2.66	0.44	1.78	0.21	0.3	0.77
Bomba Hidráulica	Caudal Q (L/min)					
Mínimo	0	46.76	161.58	5.56	28.06	128.97
Máximo	66.59	50.07	165.36	6.13	31.3	134.22
Valor Promedio	5.28	48.38	163.82	5.84	29.12	131.04
Media cuadrática	13.38	48.39	163.82	5.84	29.12	131.05
Desviación Estándar	12.29	0.8	0.65	0.09	0.55	0.91

Podemos observar que a una velocidad mínima del motor diésel de 1412 rpm corresponde una velocidad del motor hidráulico en traslación rápida de 30 rpm y a una velocidad máxima del motor diésel de 2952 rpm corresponde una velocidad del motor hidráulico en traslación rápida de 3450 rpm.

En la Figura N° 02 se muestra el comportamiento de las variables medidas (caudal, presiones y temperatura) correspondiente a la máxima velocidad (2952 rpm) desarrollada por el motor diésel durante el tiempo en el que se desarrolló la prueba.

Figura N° 02 Mediciones de variables a máximas rpm del motor diesel en traslación rápida



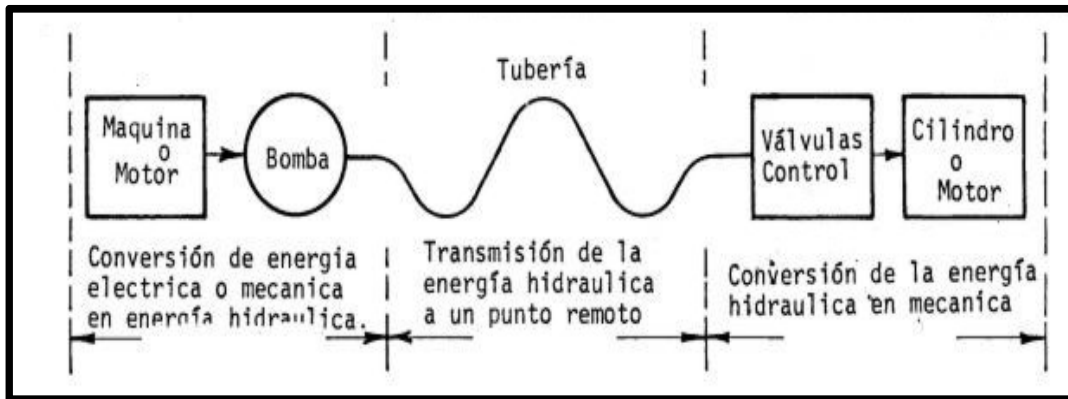
- ✓ La figura muestra que la temperatura (línea de color negro) del fluido hidráulico aumenta conforme aumenta el tiempo de prueba, con un mínimo de 50.35 °C y un máximo de 62.85 °C.
- ✓ La presión (línea de color rojo) se encuentra dentro de los valores nominales, con un valor mínimo de 49.27 bares y un máximo de 56.97 bares.
- ✓ El caudal desde la bomba hasta el motor hidráulico varía en un mínimo de 161.58 L/min y un máximo de 165.36 L/min
- ✓ Los gráficos de las medidas de las variables antes mencionadas a diferentes velocidades del motor diésel en traslación rápida y diferentes sentidos de marcha (avance y retroceso).

2.2) BASES TEORICAS FUNDAMENTALES

2.2.1) Oleo hidraulica

La oleo hidráulica es una rama de la hidráulica. El prefijo "oleo" se refiere a fluidos derivados básicamente del petróleo como, por ejemplo, el aceite mineral. En esencia, la oleo hidráulica es la técnica aplicada a la transmisión de potencia mediante fluidos incompresibles confinados.

Funcionamiento básico de un circuito oleo hidráulico



El objetivo de un circuito hidráulico es por medio de válvulas para poder controlar un actuador hidráulico (ya sea axial o rotativo), para así a su vez controlar diversos elementos, como por ejemplo:

- Dirección asistida en los vehículos.
- Una estampadora.
- Maquinaria industrial.
- Diversos procesos productivos.
- etc.

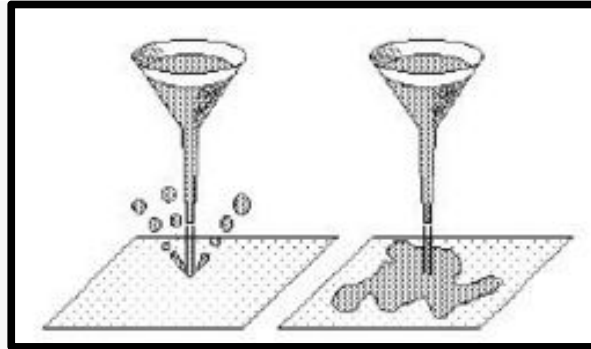
Ventajas de la oleo hidráulica

- La oleo hidráulica posee la ventaja sobre el agua, de que no corroe los componentes internos de los circuitos en los cuales el aceite trabaja, permitiendo así una mayor vida útil de estos componentes.
- El aceite en circuitos hidráulicos también tiene la propiedad de lubricar y sellar entre cámaras debido a las pequeñas áreas entre cada componente.
- El aceite a altas presiones se comporta como un sólido y tiene un rango de compresión despreciable.
- Sirve para manipular aceites que se utilizan para la circulación de gasolina.

2.2.2) Aceite oleo hidráulicos

La misión de un fluido oleo hidráulico es la de transmitir la potencia hidráulica producida por la bomba a uno o varios órganos

receptores, al mismo tiempo que debe lubricar las piezas móviles y proteger al sistema de la corrosión, limpiar y enfriar o disipar el calor. Además de estas funciones fundamentales, el fluido oleo hidráulico debe cumplir con otros requerimientos de calidad.



a) Viscosidad.-

Es la característica más importante de un fluido, por medio de la cual se obtiene su capacidad física de lubricación. Se puede definir como la resistencia interna que ofrecen entre sí las moléculas al deslizarse unas sobre otras. Esta definición viene a ser la expresión de la Ley de Sir Isaac Newton, formulada en 1668, por la que se determina la necesidad de emplear una fuerza para vencer la resistencia de fluencia de un líquido, que es similar a la resistencia al deslizamiento de un sólido. La fluencia de un líquido se denomina laminar cuando el deslizamiento de las láminas líquidas que conforman el fluido en movimiento se comportan como las láminas (cartas) de una baraja, al deslizarse unas sobre otras. Si éstas se deslizaran sin ningún rozamiento (en el caso de láminas líquidas), el fluido sería perfecto, es decir, sin viscosidad. Cuando existe frotamiento entre láminas vecinas aparece la viscosidad. En estado de reposo no se distingue un líquido perfecto de uno viscoso. La viscosidad se manifiesta si se le provoca un movimiento interno mediante algún medio: escurrimiento, caída de un cuerpo pesado o ascensión de uno ligero en el seno del líquido, etc., en donde el fluido opone una resistencia al deslizamiento interno de sus moléculas. La viscosidad depende fundamentalmente de la naturaleza o base del lubricante (nafténica, parafínica, mixta, etc.), como también de la temperatura y la presión, siendo estos dos últimos parámetros los que más afectan al aceite.

b) Índice de Viscosidad.-

Se define como un coeficiente que permite juzgar el comportamiento de la viscosidad de un fluido; está en función de la elevación o disminución de la temperatura a que está sometido el fluido. En el lenguaje común, la denominación S.A.E., seguida de un número, se utiliza corrientemente para designar el índice de viscosidad de un aceite. Cuanto mayor sea el índice de viscosidad, tanto menor será la variación de la viscosidad de éste con las variaciones de temperatura.

c) Punto de Inflamación.-

Se denomina así a la temperatura en la que los vapores de la superficie del fluido se inflaman al contacto con una llama, y que desaparece al retirar la llama. Si se sigue subiendo la temperatura, se llegará a un punto en el que el aceite seguirá ardiendo después de retirar la llama: es el punto de combustión. Si se calienta el fluido hasta la temperatura adecuada, se llega a un punto en el que el aceite comienza a arder espontáneamente, sin necesidad de acercarle ninguna llama: es el punto de auto ignición o punto de auto inflamación, el cual es muy superior a los anteriores. Un descenso acusado del punto de inflamación indica una contaminación con disolventes, gasolinas, gasóleo, etc., y también viene acompañado por un descenso de la viscosidad. Este caso suele ser raro en fluidos hidráulicos, pero frecuente en aceites de motor. Es importante el dato del punto de inflamación puesto que da una idea sobre la seguridad de la utilización de un fluido, tanto en cuanto a riesgo de fuego, como de volatilidad y evaporación (humos).

d) Punto de Congelación.-

Esta característica es una de las más importantes cuando los sistemas hidráulicos se destinan a trabajar a temperaturas ambiente muy bajas. En efecto, desde que se pone en marcha el motor de la máquina, el fluido debe estar en condiciones de circular inmediatamente a través de las tuberías. El punto de congelación viene ligado al desparafinado de los aceites, es decir, los aceites de naturaleza nafténica tienen puntos de congelación inferiores a los aceites de naturaleza parafínica. Para obtener el punto de congelación o de coagulación de un aceite, se puede obtener por enfriamiento (descenso de la temperatura) o por calentamiento progresivo. Los aceites sometidos a un descenso gradual de temperatura llegan a un punto en el que comienzan a enturbiarse debido a la formación de microcristales de parafina. A esta temperatura se le denomina punto de niebla (cloud point). A pesar de que el fluido aún mantiene su movilidad, este punto debe tenerse en cuenta en ciertas aplicaciones tales como compresores frigoríficos, puesto que a partir de este

punto pueden existir dificultades con las válvulas y discontinuidad de película lubricante. Si se continúa bajando la temperatura, los cristales de parafina aumentarán de tamaño, hasta llegar a un punto en el que el fluido no presenta movilidad alguna: es el punto de congelación. En general un aceite mineral no debe utilizarse a una temperatura inferior a 10° C por encima de su punto de congelación. Es decir, si un aceite tiene de punto de congelación -30° C, no se utilizará a temperaturas inferiores a -20° C.

e) Índice de Neutralización.-

Indica un estado de degradación del fluido. Los aceites hidráulicos poseen, inicialmente, una determinada acidez que proviene del propio aceite base (mínima y prácticamente despreciable) y de los aditivos que conlleva. Con el uso, al estar sometido a presiones y temperaturas elevadas, los aceites pueden sufrir un proceso de oxidación, el cual va a degenerar en una acidificación. Esta acidez proveniente de la oxidación que, a su vez, va a producir un ataque corrosivo a las piezas del sistema. Los aceites minerales, por su propia naturaleza, son resistentes a las oxidación. Los restantes fluidos se comportan de diversas manera. No obstante, todos los buenos fluidos hidráulicos llevan incorporados aditivos antioxidantes con el fin de retardar al máximo este efecto. Un incremento del índice de acidez del orden del 100% sobre la acidez inicial es motivo de un estudio de sus causas puesto que el incremento puede ser progresivo y acelerado (período de inducción).

f) Poder Anticorrosivo.-

Los aditivos anticorrosivos combaten la acción de la humedad y el óxido sobre los órganos pilotos de un circuito. Estos aditivos se interponen entre las superficies metálicas y el agua. Hay que reconocer que por muy bien que esté concebido un circuito, igual entrará el agua. Se ha observado que los circuitos de funcionamiento intermitente se ven más afectados por esta acción que los sistemas de funcionamiento continuo. Un fluido hidráulico, además de presentar una gran resistencia a oxidarse, debe poseer cualidades protectoras para el sistema. El fluido deberá proteger de la corrosión al acero y a los metales amarillos (latón, bronce) que pudiera tener el sistema, así como su inercia frente a los materiales sellantes (juntas), manguitos y latiguillos.

g) Poder Antiespumante.-

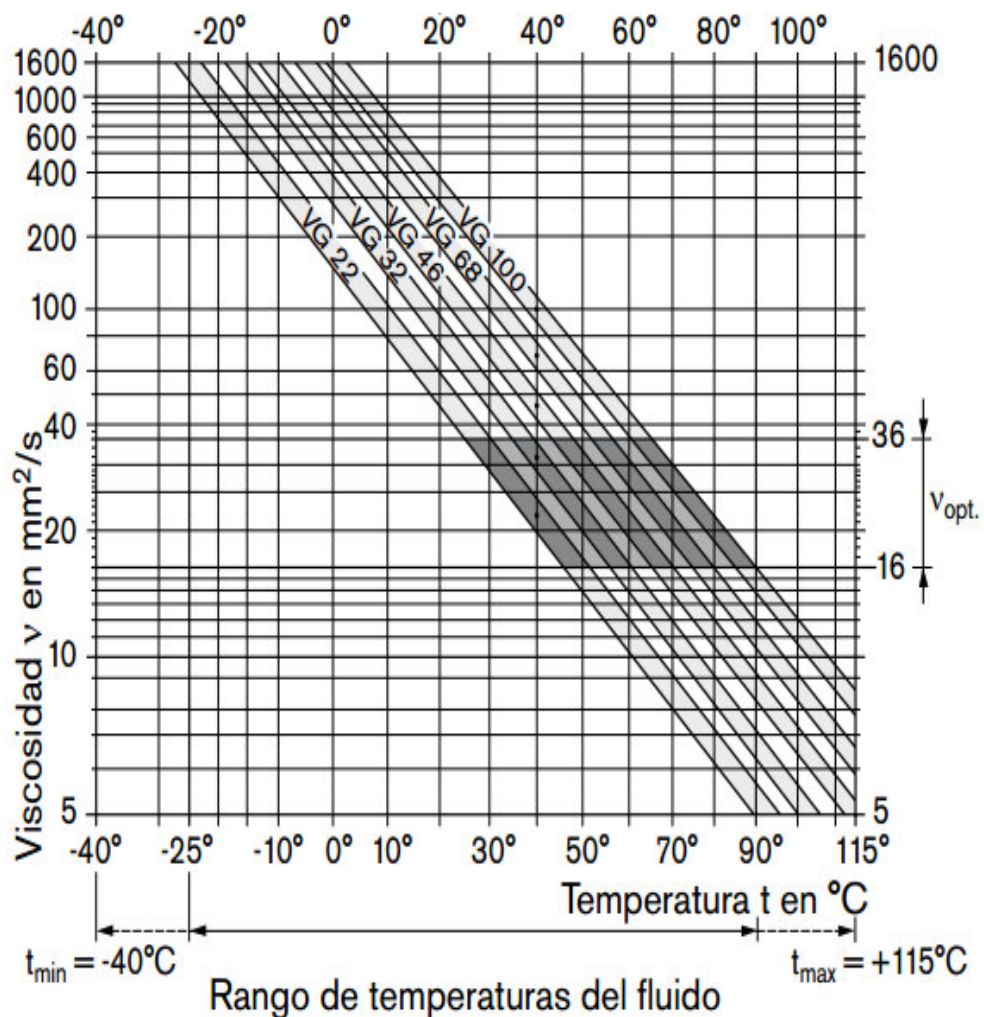
Se define como la facilidad con que el aire se separa del fluido para no formar burbujas, ya que el fluido no se comportaría como una barra de acero (el fluido sería compresible). Sin embargo, todo aceite contiene aire. Las espumas se forman en los circuitos por un batido del fluido: consisten en unas esferas o

glóbulos de aire, de muy diversos tamaños, que pueden provocar una discontinuidad de película lubricante, un incremento de la oxidación del aceite, una corrosión de las superficies metálicas y unas considerables diferencias de compresibilidad en el fluido hidráulico, además de formar una capa superficial que impide el normal enfriamiento del lubricante. Por estos motivos se aditivan los fluidos con agentes antiespumantes.

h) Filtrabilidad.-

Existen diversas pruebas sobre las características que debe presentar un fluido frente a un filtro. La filtrabilidad es la capacidad o facilidad que presenta un fluido a ser filtrado. Según el tipo de medio filtrante y la temperatura de trabajo, la presencia de agua u otros aditivos puede reducir notablemente la filtrabilidad del aceite.

Diagrama de selección



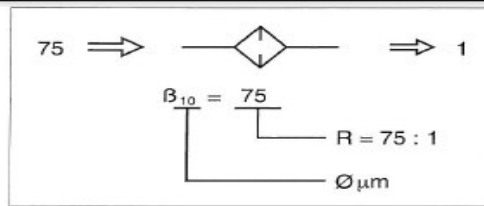


Fig. 14.9: Definición del valor β

Clase de pureza (de ensuciamiento)			puede alcanzarse mediante filtro		Sistema hidráulico	
NAS	ISO	$\beta_c = 75$	Material	Disposición		
6	15/12	3	inorgánico p.ej. fibra de vidrio	Filtro de presión	Servoválvulas	
7	16/13	5			Válvulas reguladoras	
8	17/14	10			Válvulas proporcionales	para $p \geq 160$ bar
9	18/15	20	orgánico p.ej. papel	Filtro de retorno o filtro de presión	Bombas y válvulas en general	para $p \leq 160$ bar
10	19/16	25				
11	20/17	25 ... 40				
12	21/18			Filtración de retorno, aspiración o caudal parcial	Sistemas de baja presión en hidráulica móvil e industria pesada	

Fig. 14.10: Recomendación de filtro

i) Cambio Volumétrico.-

El coeficiente de dilatación del aceite es relativamente grande; este factor se ha de tener muy en cuenta cuando se trate de instalaciones con un gran volumen de aceite y en los componentes o sistemas estancos (el aceite se mantiene presurizado en un elemento o línea durante un largo período). El incremento del volumen por cada 10° de incremento en la temperatura, es de un 0,7% aproximadamente.

j) Compresibilidad.-

En la mayoría de aplicaciones no es necesario considerar la compresibilidad de fluido; sin embargo, en algunas circunstancias este factor debe ser considerado para evitar posibles problemas de funcionamiento del sistema:

- Gran distancia entre el elemento de control y el receptor.
- Cilindros de largos recorridos con bajas velocidades.
- Accionamiento de cilindros paralelos o motores en rotación con cargas desiguales.

2.3) **BOMBAS HIDRAULICAS**

Las bombas hidraulicas deben convertir energia mecanica (Par de giro, velocidad de rotación) en energia hidraulica (caudal, presión).

En la practica, las exigencia son mucho mas diferenciadas.

Al seleccionar bombas hidraulicas deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- El medio de servicio.
- El rango de presión exigido.
- El rango de velocidad del rotación
- La temperatura minima y maxima de servicio.
- El montaje
- La vida util.
- El tipo de acoplamiento.
- El nivel de ruido.
- Facilidad del servicio.
- El precio.

Sin embargo las numerosas exigencia demuestran que no cualquier bomba puede cumplir en forma optima con todos los criterios. Todos los tipos constructivos tienen en comun el principio de desplazamiento. En dichas camaras se transporta el fluido desde el lado de entrada de la bomba (conexión de aspiración) hacia el lado de salida(conexión de presión) .Las bombas según el principio de desplazamiento son muy adecuadas para elevadas presiones de sistema. Por lo tanto, son ideales para la hidraulica.

2.3.1) Criterios de selección

Los criterios de selección para una bomba hidraulica. En la tabla 03 se resumen las

Características de los distintos principios de construcción.

Se clasifican según sistema:

1= Muy bien / muy grande

2= Bien / grande

3= Mediano

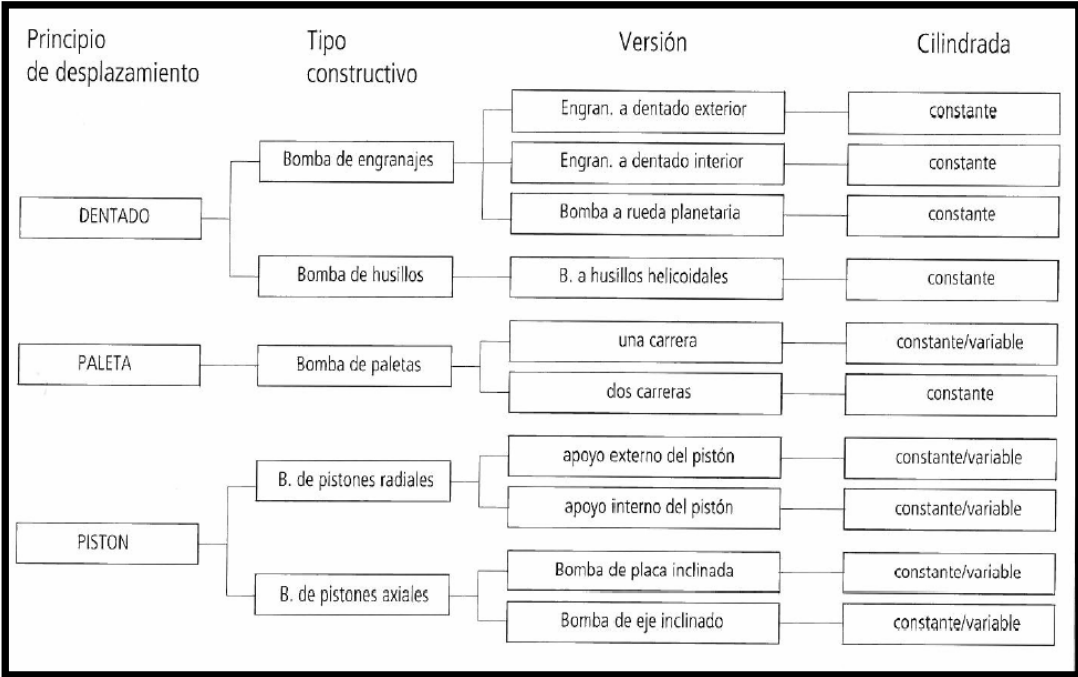
4= Bajo

Tabla 03: Clasificación de bombas hidráulicas

Criterio	Tipo									
	AZP	IZP	ZRP	SSP	FZPE	FZPD	RKPI	RKPA	AKPSA	AKPSS
Rango útil de rotaciones	1	2	2	2	3	3	2	2	2	2
Rango útil de presión	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1
Rango de viscosidad	1	2	3	1	3	3	1	1	1	1
Nivel máx. de ruido	4	1	2	1	2	2	3	3	3	3
Vida útil	3	2	2	1	1	1	2	2	2	2
Precio	1	2	2	3	2	2	3	3	3	3
Bomba de engranajes a dentado exterior										= AZP
Bomba de engranajes a dentado interior										= IZP
Bomba a rueda planetaria										= ZRP
Bomba de husillos helicoidales										= SSP
Bomba de paletas, una carrera										= FZPE
Bomba de paletas, dos carreras										= FZPD
Bomba de pistones radiales con apoyo interno										= RKPI
Bomba de pistones radiales con apoyo externo										= RKPA
Bomba de pistones axiales con eje inclinado										= AKPSA
Bomba de pistones axiales con placa inclinada										= AKPSS

2.3.2) Clasificación de bombas hidraulicas

Tabla 04: Clasificacion de bombas hidraulicas



2.4) BOMBAS DE PISTONES AXIALES.

La bomba de pistones axiales está concebida y construida para generar, comandar y regular un caudal de fluido hidráulico. Ella está concebida para aplicaciones móviles y estacionarias.

Una maquina de pistnes axiales como bomba y motor es importante no solo el principio funcional, por ejemplo si se trata de principio de ejes inclinados o placas inclinadas, sino tambien de sistema abierto o cerrado.



2.4.1) Circuito abierto

Abierto significa que en el caso normal la tubería de aspiración de una bomba conduce por debajo del nivel de un fluido, cuya superficie se encuentra unida en forma abierta con la presión atmosférica. Una compensación segura de presión entre el aire en el tanque hidráulico y el aire del medio ambiente garantiza una perfecta conducta de aspiración de la bomba. Las resistencias en la tubería de alimentación no deben producir una caída de presión por debajo de la altura de aspiración / del límite de aspiración.

Las máquinas de pistones axiales son auto aspirantes, pero determinados casos aislados se cargan con baja presión del lado de la aspiración.

En circuito abierto el fluido hidráulico es conducido a través de válvulas distribuidoras hacia el consumidor y también de regreso hacia el tanque.

Características típicas que significan circuito abierto:

- Tubería de aspiración, grandes diámetros y pequeñas longitudes.
- Válvulas distribuidoras, anchos nominales que dependen del flujo.

- Filtro/refrigerador, secciones transversales/tamaños constructivos que dependen del flujo.
- Tamaño del tanque, varias veces el caudal maximo de la bomba en litros.
- Disposicion de la bomba, encima, al lado o debajo del deposito.
- Numeros de revoluciones, limiadas por la altura de aspiración.
- Apoyo de la carga en el retorno a traves de valvulas.

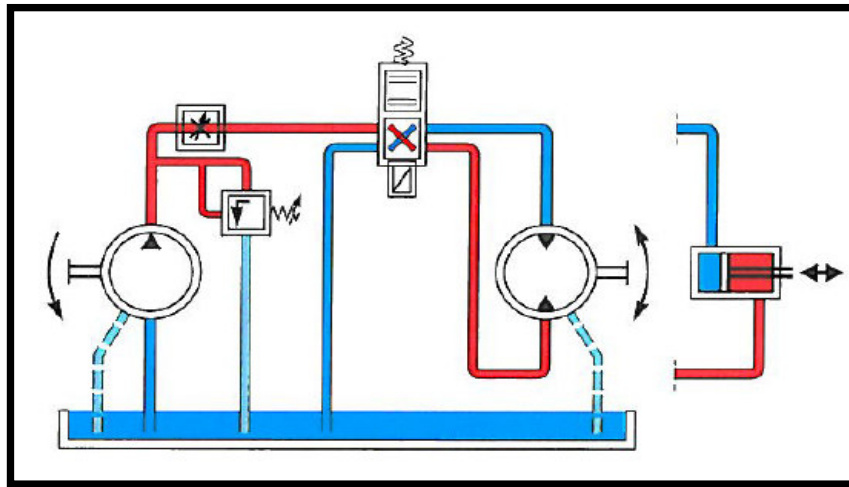


Figura 05: Circuito abierto

2.4.2) Circuito cerrado

Se denomina cerrado a un sistema hidráulico cuando el fluido hidráulico que retorna del consumidor es conducido de nuevo directamente a la bomba hidráulica.

Existe un lado de alta y uno de baja presión, según la dirección de la carga.

El lado de alta presión se realiza mediante válvulas limitadoras de presión, descargan al lado de baja presión. El fluido permanece dentro del circuito.

Solo hay que sustituir fugas permanentes en la bomba y en el motor.

Por regla general, ello se realiza mediante una bomba auxiliar abridada, que transporta permanentemente de un tanque pequeño suficiente caudal de fluido a través de las válvulas antirretorno hacia el lado de baja presión. El volumen excedente de la bomba de alimentación que trabaja en el circuito abierto vuelve al depósito a través de una válvula limitadora de la presión de alimentación.

Las características del circuito cerrado para las máquinas de pistones axiales.

- Válvula distribuidoras, anchos nominales pequeños para el control piloto.

- Filtro /refrigerador, pequeñas secciones transversales de flujo/ tamaños constructivos.
- Tamaño del tanque, pequeño, solamente adaptado al caudal de las bombas auxiliares y al caudal del sistema.
- Número de revoluciones, elevados valores límites por alimentación.
- Disposición / posición de montaje, libre u opcional.
- Accionamiento, totalmente reversible al bascular sobre la posición nula.
- Apoyo de la carga, a través del motor de accionamiento.
- Retorno, recuperación de la energía de frenado.

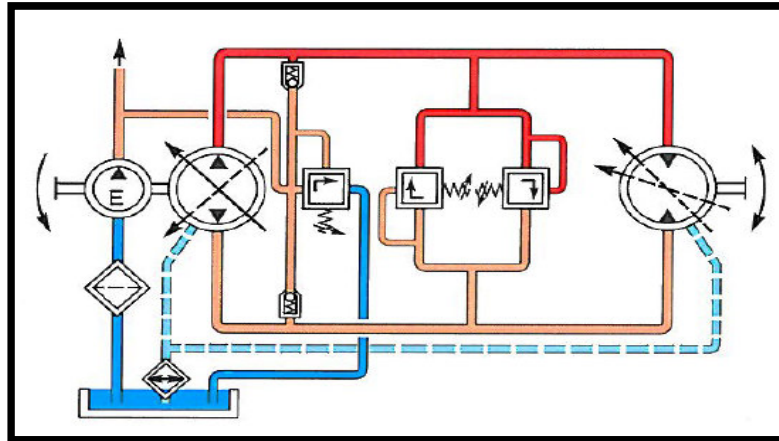


Figura 06: Circuito cerrado.

2.4.3) Eje inclinado

El mecanismo propulsor de eje inclinado es una máquina de desplazamiento, cuyos pistones de desplazamiento están dispuestos en forma inclinada respecto del eje motor.

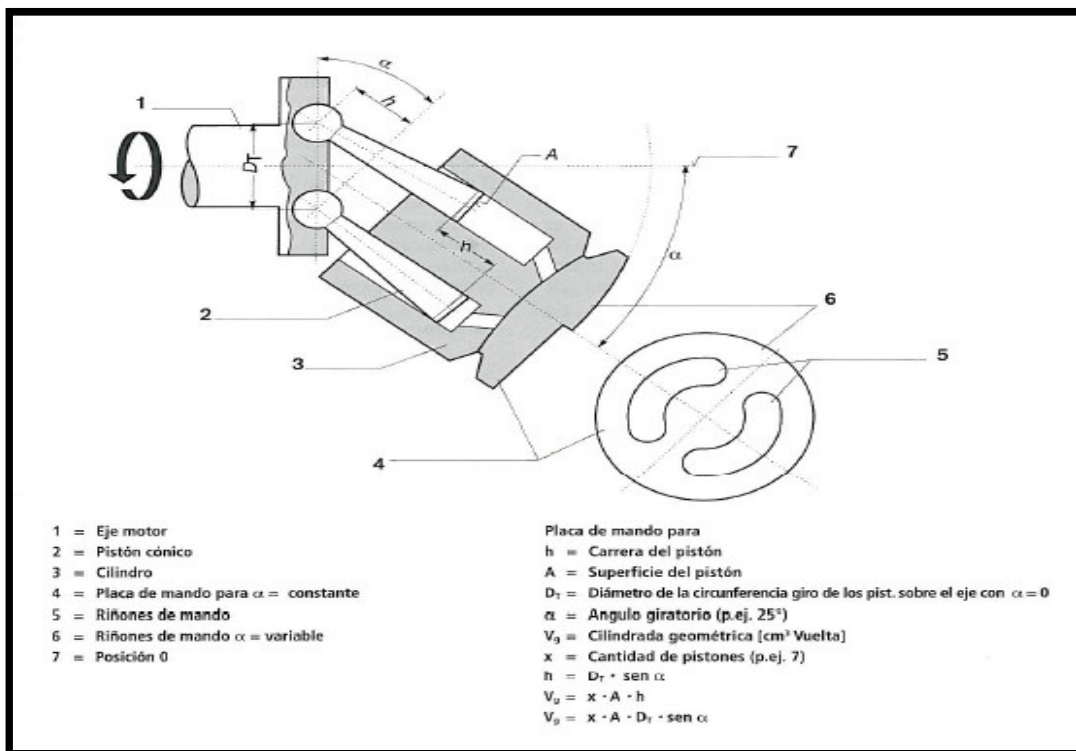


Figura 07: Representación de una construcción de eje inclinado con ángulo giratorio α constante o variable.

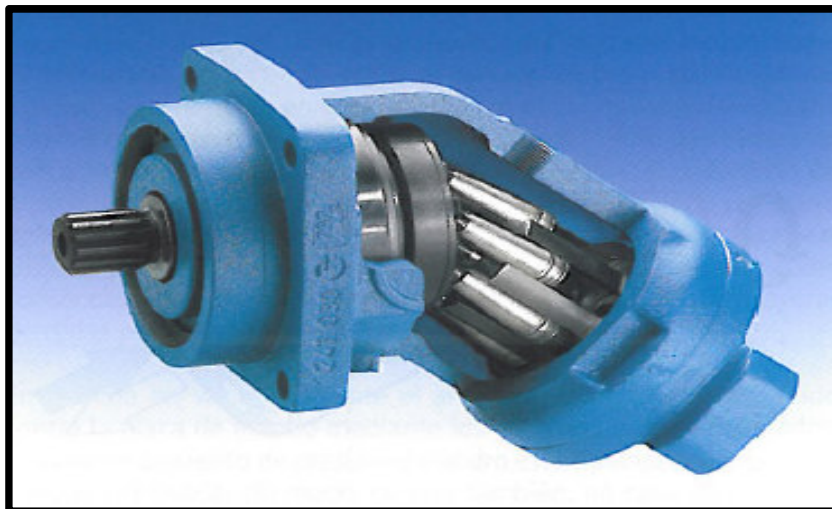


Figura 08: Unidad constante con mecanismo propulsor de pistón cónico.

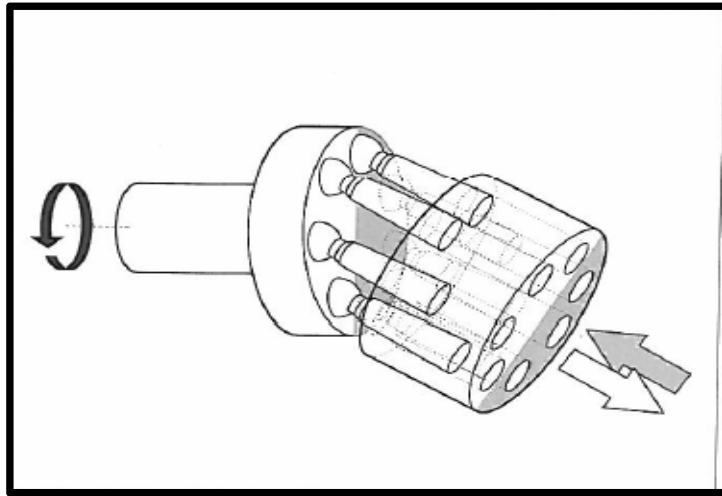


Figura 09: Principio de eje inclinado

Función como bomba:

Girando el eje motor, el cilindro es arrastrado sin cardán a través de pistones articulados y comienza a rotar. En los agujeros del cilindro los pistones recorren una carrera, cuya magnitud depende del ángulo de inclinación del eje inclinado. El fluido es conducido hacia la bomba del lado de baja presión (entrada) y transportado por los pistones del lado de alta presión (salida) hacia el sistema.

Angulo giratorio:

El ángulo de inclinación/giratorio de la unidad constante es definido por la carcasa y, por ende, es fijo. En una unidad variable este ángulo se puede ajustar en forma continua dentro de ciertos límites. Mediante variación del ángulo giratorio se producen carreras distintas del pistón y por lo tanto una cilindrada variable.

Descripción de la función:

La unidad de pistón axial según el principio de eje inclinado con cilindrada constante o variable trabajan como bombas hidráulicas y su caudal es proporcional al número de revoluciones de accionamiento y el ángulo giratorio.

El par de giro absorbido como bomba aumenta con la diferencia de presión entre los lados de alta y de baja presión. En servicio como bomba se convierte energía mecánica en energía hidrostática. Variando el ángulo giratorio, las bombas variables pueden variar su cilindrada, es decir varía el caudal de la bomba.

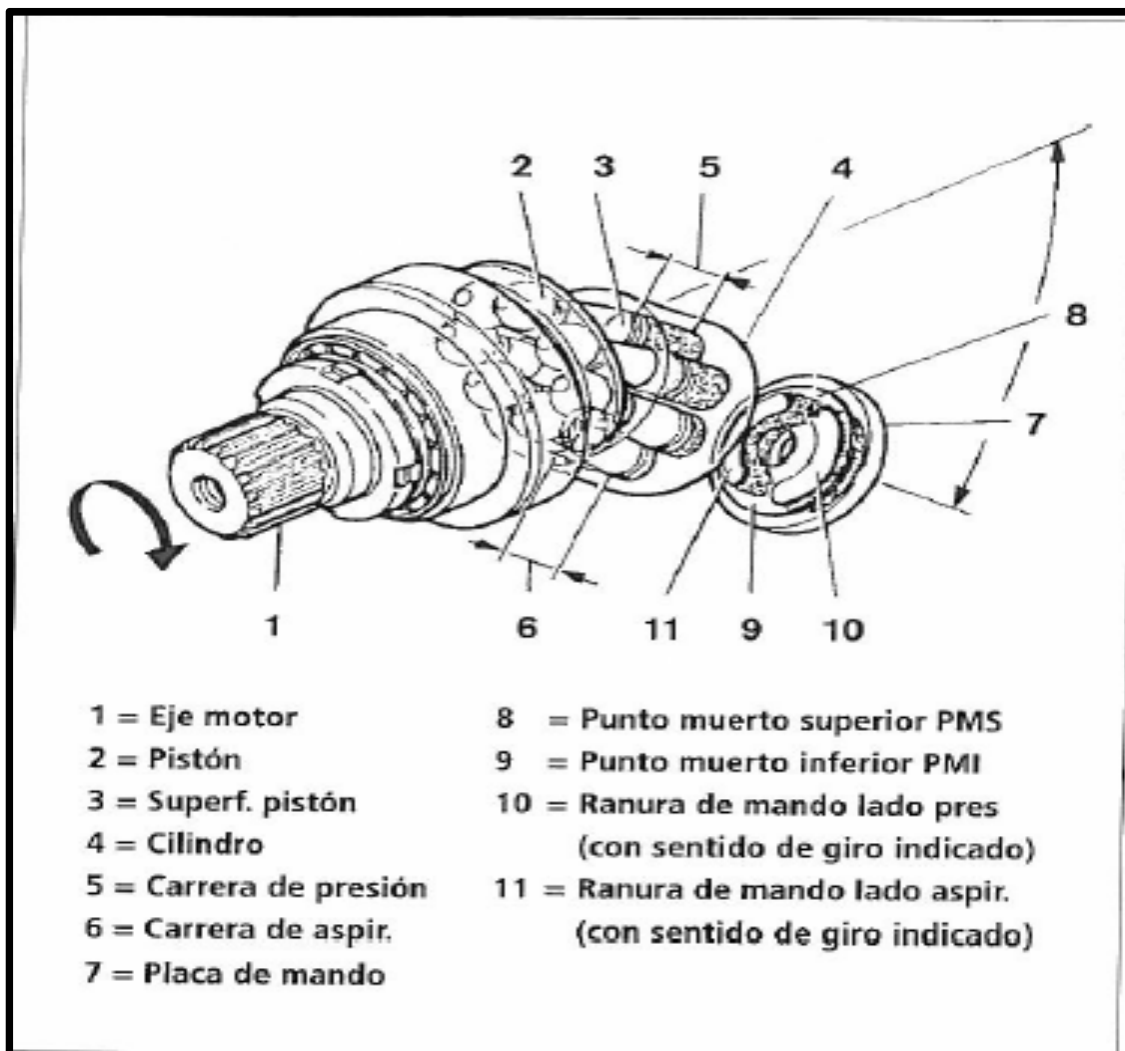


Figura 10: Principio de eje inclindo - Piezas constructivas

En circuito abierto:

Al rotar el eje motor, a través de los pistones articulados dispuestos circularmente en la brida motriz, el cilindro comienza a rotar. El cilindro se desliza sobre la placa esférica de mando, en la cual hay dos ranuras en forma de riñón. Al rotar, cada uno de los pistones se mueven en los agujeros del cilindro desde el punto muerto superior PMS hacia el punto muerto inferior PMI y viceversa, realizando una carrera en función del ángulo giratorio. El movimiento del pistón desde el punto muerto inferior hasta el punto muerto superior e el agujero del cilindro de la carrera de aspiración entra el volumen del fluido al agujero del cilindro, el cual corresponde a la superficie del pistón y a su carrera. Si continúa la rotación del eje motor, en la carrera del pistón desde el PMS hasta el PMI, el fluido es empujado hacia la otra ranura del mando (lado de presión). Los pistones, cargados por la presión hidráulica, se apoyan contra el eje motor.

Variador (en unidades variables)

La variación del ángulo giratorio del eje inclinado se produce por ejemplo por medio de un husillo de posicionamiento o hidráulicamente por medio de un pistón de posicionamiento.

Aquí la parte hidráulica del cilindro del gupo motor se bascula con la placa de mando y según el tipo de circuito y la función se mantiene mecánica o hidráulicamente en posición cero o posición inicial. Cuando el ángulo aumenta la cilindrada y el par de giro; en caso de reducción los valores se reducen correspondiente.

Si no hubiera un ángulo de inclinación, la cilindra sería igual a cero. Comúnmente se emplean variadores mecánicos o hidráulicos, que a su vez se comanda o regulan mecánica, hidráulica o eléctricamente .

Tipos constructivos

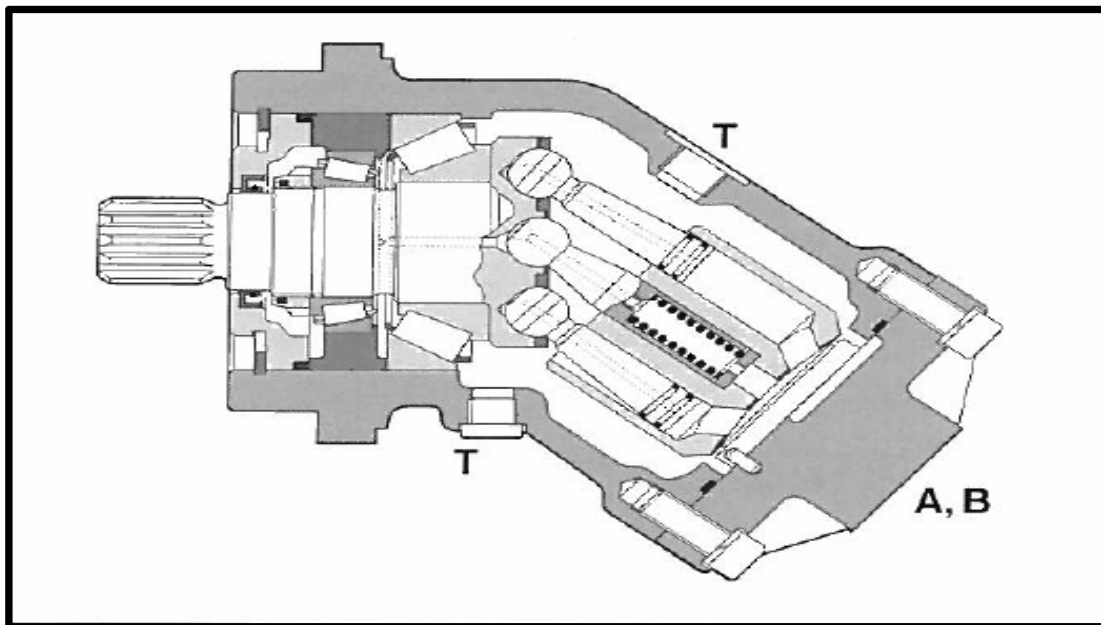


Figura 11: Unidad constante (ángulo giratorio fijo), como bomba para circuito abierto o cerrado.

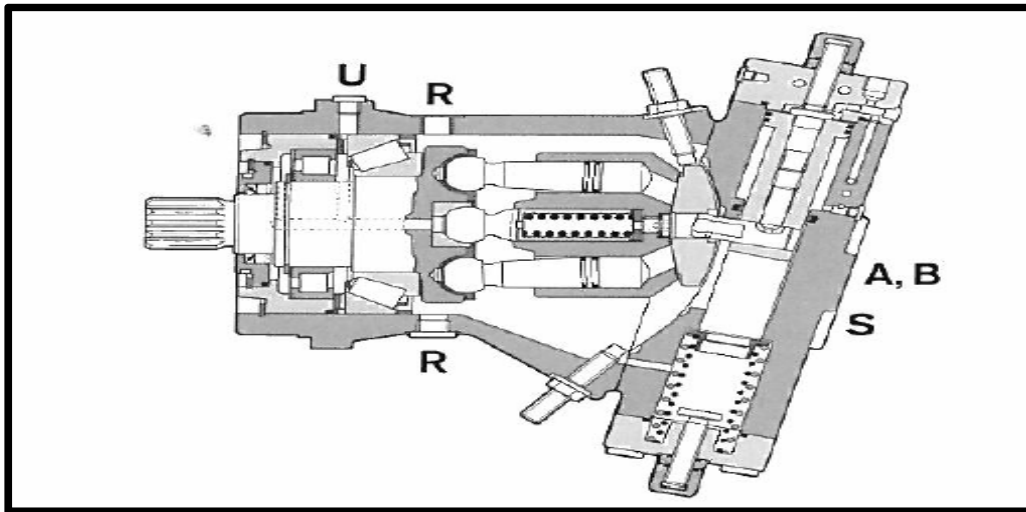


Figura 12: Unidad variable (ángulo giratorio variable) como bomba en circuito abierto con reajuste sin escalonamiento del volumen de desplazamiento

2.4.4) Placa inclinada

Principio de placa inclinada el grupo rotativo de placa inclinada es una máquina de desplazamiento, cuyos pistones de desplazamiento se encuentran dispuestos axialmente al eje motor.

Se apoyan sobre una placa inclinada.

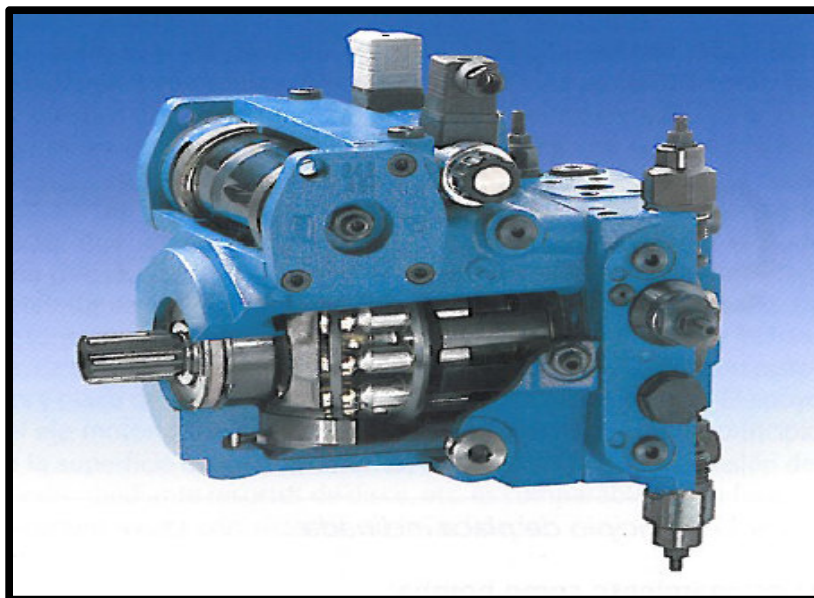


Figura 13: Bomba variable con variador eléctrico-hidráulico, regulación en función del número de revoluciones y bomba auxiliar integrada.

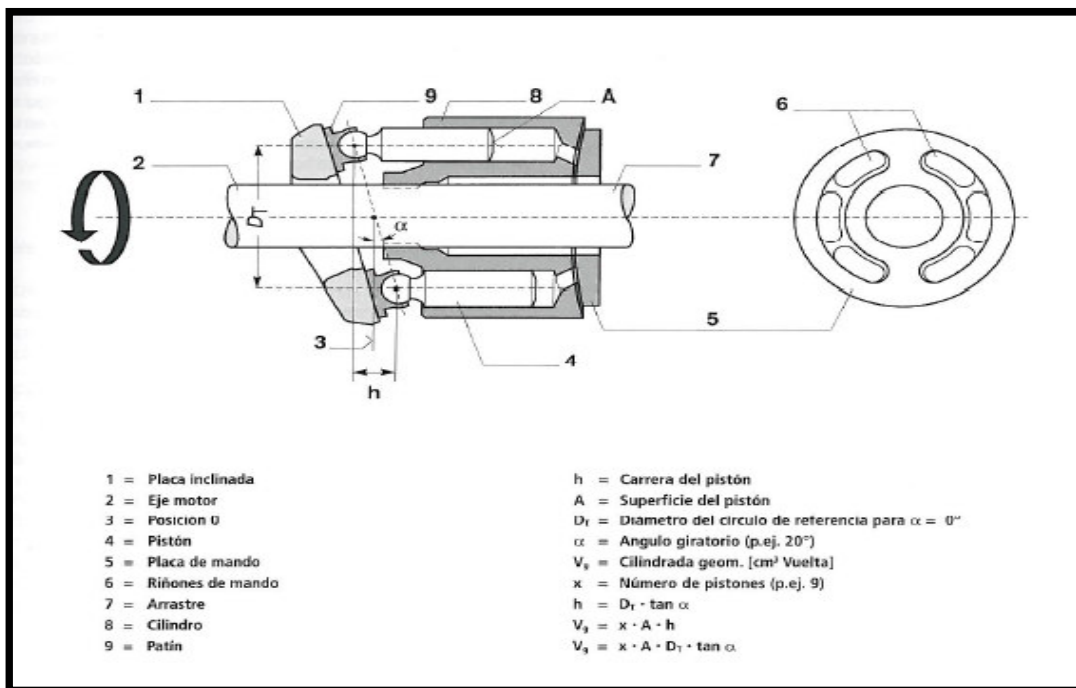


Figura 14: Representación de una construcción de plaxo inclinada (con pistones paralelos al eje) con angulo giro α constante o variable.

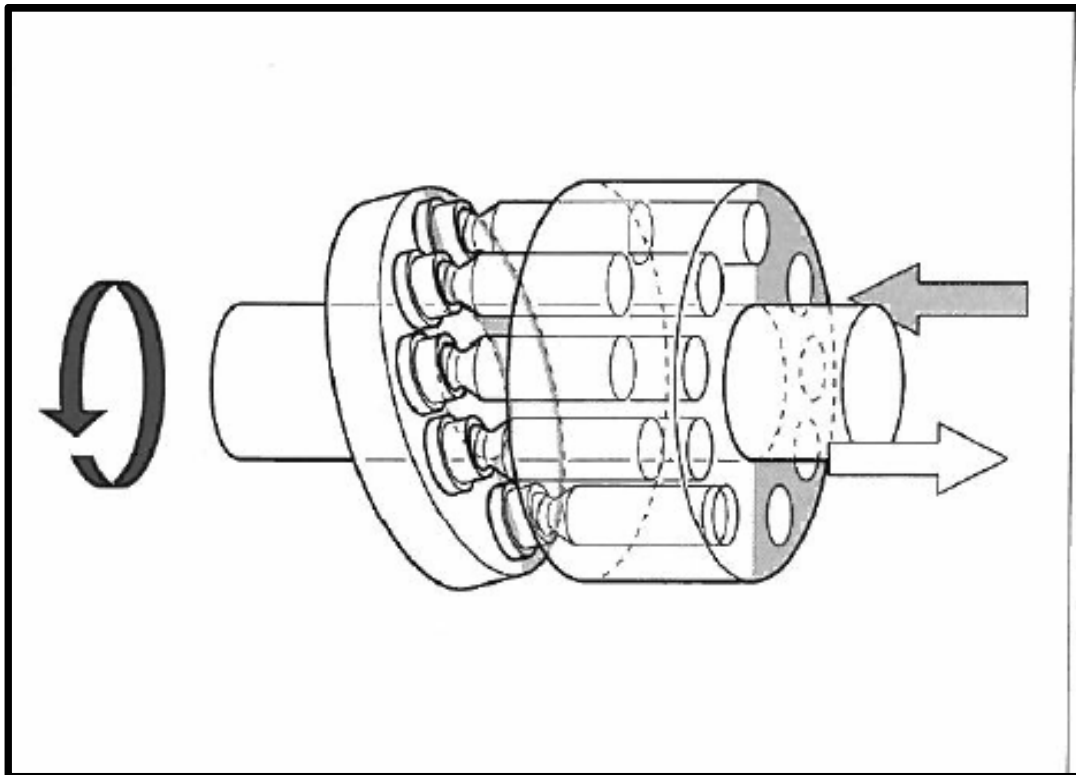


Figura 15: Principio de placa inclinada

Funcionamiento:

Funcionamiento de la bomba cuando el eje motor gira, el cilindro es arrastrado por el dentado. Los pistones realizan una carrera, fijada por la placa de desplazamiento (placa inclinada). El fluido llega a la bomba por el lado de baja presión (entrada) y es transportado por los pistones hacia el sistema del lado de alta presión (salida).

Angulo giratorio:

En la unidad constante la inclinación de la placa de deslizamiento está fijamente maquinada en la carcasa. En la unidad variable el ángulo de inclinación de la placa inclinada se puede variar en forma continua dentro de ciertos límites. Variando el ángulo de inclinación de la placa inclinada se produce una carrera de pistón distinta y con ello una cilindrada variable.

Descripcion de Funcionamiento:

La maquina de pistones axiales según el principio de placa inclinada con cilindrada constante o variable pueden trabajar como bombas hidráulicas.

Al utilizar como bomba, el caudal es proporcional al número de revoluciones de accionamiento y al ángulo giratorio. El par giro absorbido (bomba)

El par de giro adsorbido como bomba aumenta con la diferencia de presión entre los lados de alta y de baja presión. En servicio como bomba se convierte energía mecánica en energía hidrostática. Variando el angulo giratorio, las bombas variables pueden varían su cilindrada, es decir variar el caudal de la bomba.

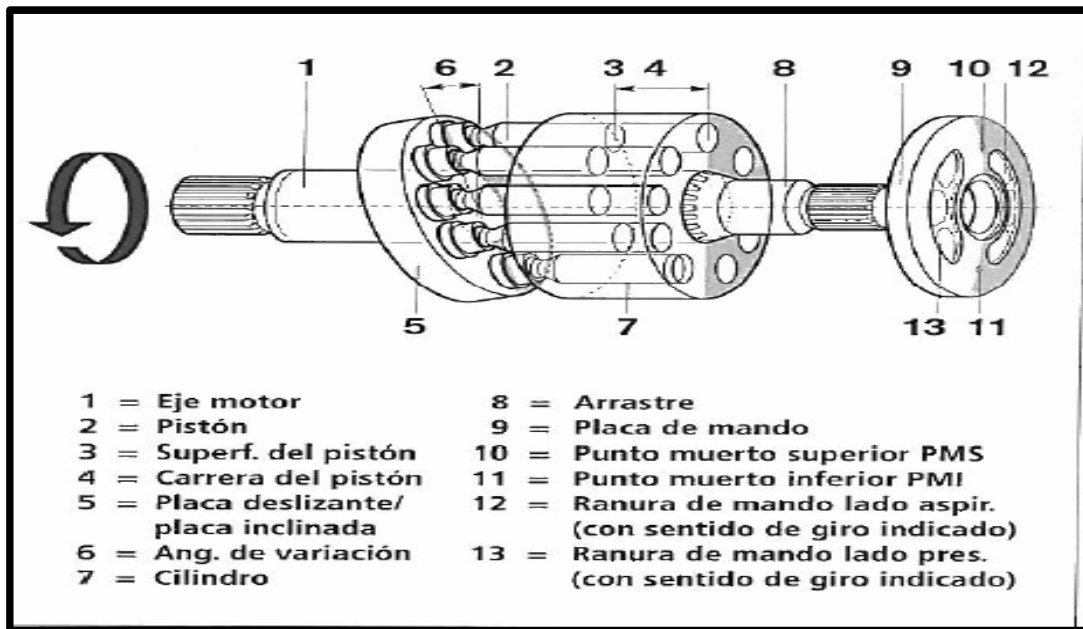


Figura 16: Principio de placa inclinada – piezas constructivas

Accionado por el motor de accionamiento por ejemplo Diesel o motor electrico, el eje motor gira y arrastra con el dentado al cilindro.

El cilindro gira con el eje motor arrastrado los pistones. Los pistones se apoyan mediante patines sobre la superficie de deslizamiento de la placa inclinada, recorriendo una carrera. Los patines son mantenidos y conducidos forzosamente sobre las superficie de deslizamiento mediante un dispositivo recuperador.

En el transcurso de una vuelta cada pistón se desplaza a través del punto muerto inferior o superior a su posición inicial. Entre punto muerto (aquí el pistón invierte su sentido de movimiento) y punto muerto siempre recorre una carrera completa. A través de las dos ranura de mando en la placa e mando ingresa o se transporta el volumen de fluido correspondiente a la superficie del pistón por su carrera. En la carrera de aspiración el fluido es aspirado o mejor dicho empujado en circuito abierto por la presión de alimentación dentro de la cámara del pistón que se agranda.

Mientras que en la carrera de presión el fluido es desplazado desde los agujeros del pistón hacia el sistema hidráulico.

Variadores de presión, caudal y potencia

La variación del ángulo de inclinación de la placa inclinada se realiza por ejemplo mecánicamente a través de un pivote o hidráulicamente mediante un pistón de posicionamiento. La placa inclinada se mueve con facilidad, esa apoyada sobre cojinetes de deslizamiento y la posición cero está centrada por resorte. Al aumentar el ángulo giratorio también aumenta la dilindrada y el par de giro; en caso de reducción, estos valores se reducen correspondientemente. Si no hay ángulo de inclinación la cilindrada es igual a cero. Comunmente se emplean variadores de efecto mecánico o hidráulico, los cuales a su vez se comanda o regulan mecanica, hidraulica o electricamente .

Bases de cálculo.

	Bomba constante de placas inclinadas	Bomba variable de placas inclinadas
Caudal	$Q_1 = \frac{V_g \cdot n \cdot \eta_{vol}}{1000} \quad (l/min)$	$Q_1 = \frac{V_{g\ max} \cdot n \cdot \tan \alpha \cdot \eta_{vol}}{1000 \cdot \tan \alpha_{max}} \quad (l/min)$
Núm. revol. accionamiento	$n = \frac{Q_1 \cdot 1000}{V_g \cdot \eta_l} \quad (min^{-1})$	$n = \frac{Q_1 \cdot 1000 \cdot \tan \alpha_{max}}{V_{g\ max} \cdot \tan \alpha \cdot \eta_{vol}} \quad (min^{-1})$
Par de giro de accionamiento	$M_1 = \frac{V_g \cdot \Delta p}{20 \pi \cdot \eta_{mh}} = \frac{1,59 \cdot V_g \cdot \Delta p}{100 \cdot \eta_{mh}} \quad (Nm)$	$M_1 = \frac{V_{g\ max} \cdot \Delta p \cdot \tan \alpha}{20 \pi \cdot \eta_{mh} \cdot \tan \alpha_{max}} = \frac{1,59 \cdot V_{g\ max} \cdot \Delta p \cdot \tan \alpha}{100 \cdot \eta_{mh} \cdot \tan \alpha_{max}} \quad (Nm)$
Potencia de accionamiento	$P_1 = \frac{2 \pi \cdot M_1 \cdot n}{60\ 000} = \frac{M_1 \cdot n}{9549} \quad (kW)$ $P_1 = \frac{Q_1 \cdot \Delta p}{600 \cdot \eta_{vol} \cdot \eta_{mh}} = \frac{Q_1 \cdot \Delta p}{600 \cdot \eta_l} \quad (kW)$	$P_1 = \frac{2 \pi \cdot M_2 \cdot n}{60\ 000} = \frac{M_2 \cdot n}{9549} \quad (kW)$ $P_1 = \frac{Q_1 \cdot \Delta p}{600 \cdot \eta_{vol} \cdot \eta_{mh}} = \frac{Q_1 \cdot \Delta p}{600 \cdot \eta_l} \quad (kW)$

Tabla 05: Obtención de las magnitudes para bombas

Fuerzas del grupo motor

La descomposición de las fuerzas se producen en la placa inclinada en los patines y en el cilindro.

Los patines del pistón están apoyados hidrostáticamente, garantizando una elevada vida útil de los grupos motores.

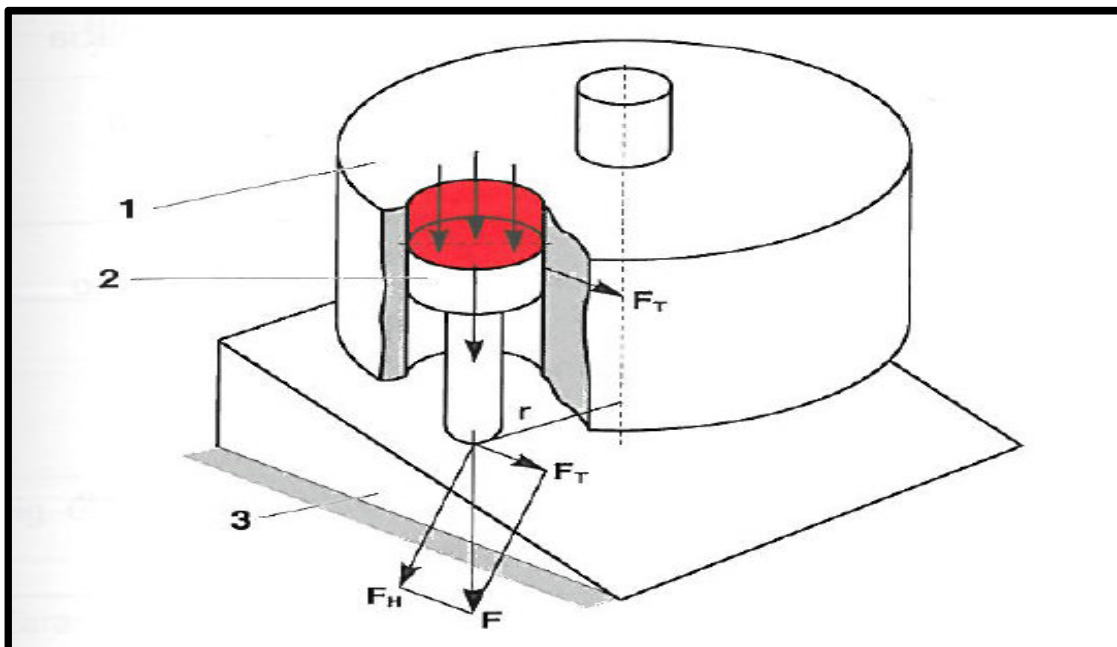
Figura 17: Descomposición de fuerzas en la placa inclinada de la bomba

Figura 18: Principio básico de un grupo motor de placa inclinada.

Las partes básicas de un grupo motor inclinada son las siguiente:

- Cilindro (1)
- Pistón (2)
- Placa inclinada / Plano inclinado (3)

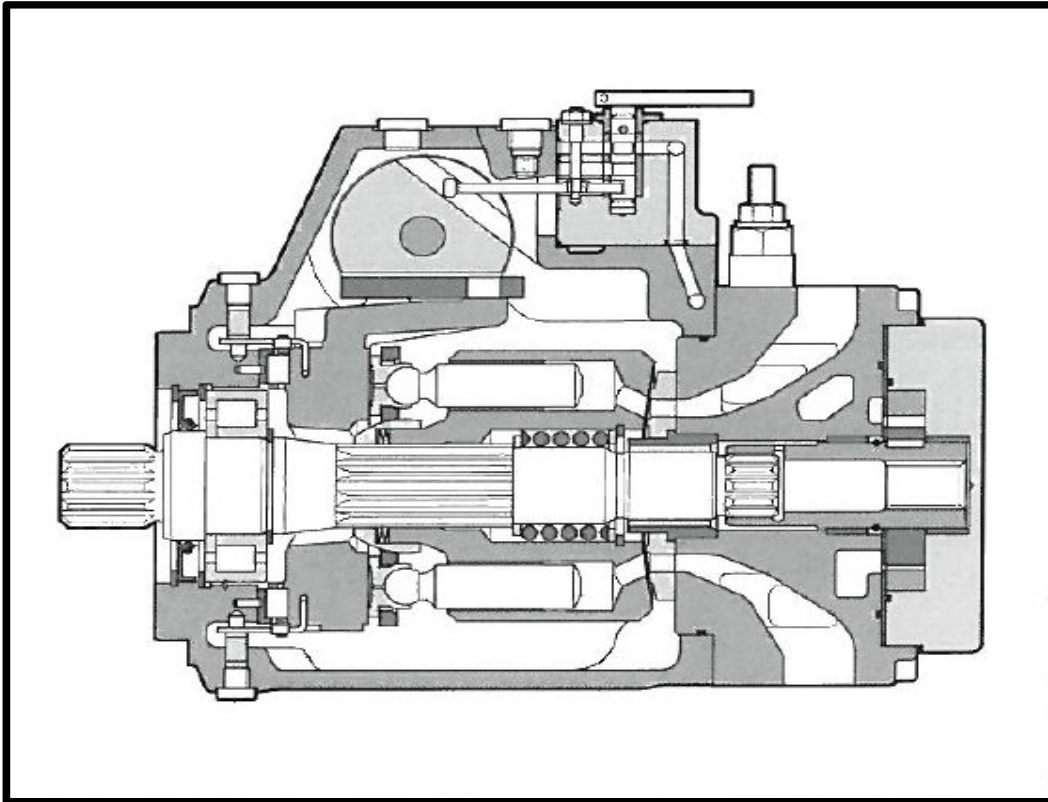
La descomposición de fuerzas en e punto de apoyo (cojinetesde deslizamiento)



con el plano inclinado produce un componente de fuerza de soporte y otra de fuerza de par de giro (F_N resp F_T). El pistón se desliza hacia abajo a lo largo del plano inclinado, realiza una carrera y arrastra consigo el cilindro junto con el eje motor. Sin embargo, dado que el pistón dentro de su juego de ajuste en el

agujero del cilindro puede bascular, en el momento de desprenderse (al arrancar) actúa una mayor resistencia a la fricción (rozamiento de adherencia) que durante la carrera misma (rozamiento de deslizamiento). Esta doble descomposición de fuerzas es la causa para el rendimiento de arranque algo menor de la placa inclinada con respecto a la simple descomposición de fuerzas en caso de eje inclinado.

Figura 19: Bomba variable para circuito cerrado.



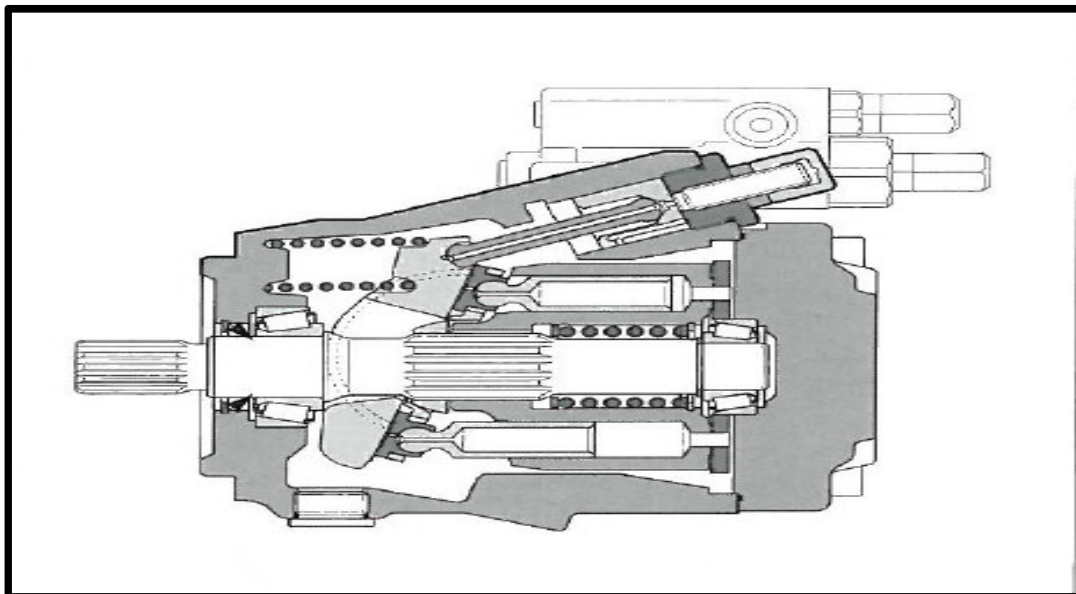


Figura 20: Bomba variable paara circuito abierto


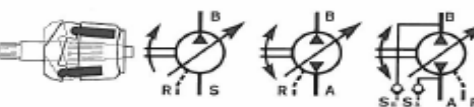


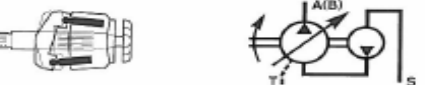
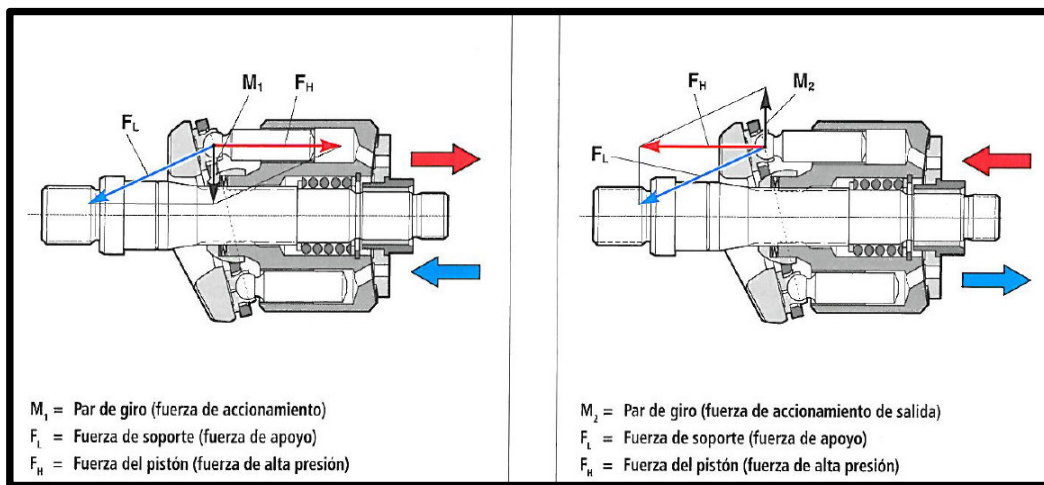
<p>Bomba variable</p> 	<p>Bomba variable para circuito cerrado, giro en ambas direcciones, ángulo giratorio ajustable continuamente a través de posición cero, sentido de giro de accionamiento posible hacia ambos lados miento posible hacia ambos lados. Ejecución tipo tándem mediante montaje de una segunda bomba en el arrastre.</p>
<p>Bomba variable</p> 	<p>Bomba variable para circuito abierto, cerrado o para circuito semicerrado. Ángulo giratorio ajustable continuamente. Sentido de giro de accionamiento y sentido de transporte posibles hacia uno o dos lados, según el tipo de circuito. Montaje de bombas auxiliares en el accionamiento pasante.</p>
<p>Motor constante</p> 	<p>Motor constante para circuito abierto o cerrado. Ángulo giratorio fijo. Sentido de giro posible hacia ambos lados. Posibilidad de accionamiento pasante para montaje de freno.</p>
<p>Bomba variable</p> 	<p>Bomba variable para circuito abierto, giro en un sentido, ángulo giratorio ajustable continuamente. Sentido de giro de accionamiento posible sólo hacia un lado.</p>
<p>Bomba variable</p> 	<p>Bomba variable para circuito abierto, giro en un sentido, ángulo giratorio ajustable continuamente. Sentido de giro de accionamiento posible sólo hacia un lado. Con bomba de carga montada en el accionamiento pasante.</p>
<p>A, B Conexiones de presión T, R, L Conexiones de aceite de fuga</p>	
<p>S Conexión de aspiración U Conexión de enjuague</p>	

Tabla 06: Ejemplo de ejecuciones con símbolo y diagrama esquemático.

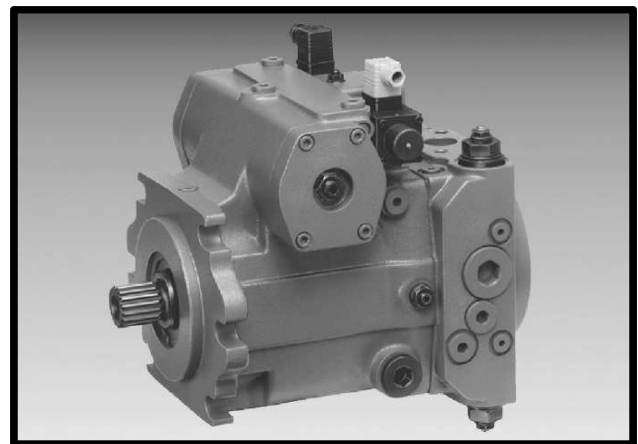


2.5) BOMBA VARIABLE A4VG, MÁQUINA A PISTONES AXIALES

Bomba variable A4VG

Para circuito cerrado
 Tamaños nominales 28...250
 Serie 3

Presión nominal 400 bar
 Presión máxima 450 bar



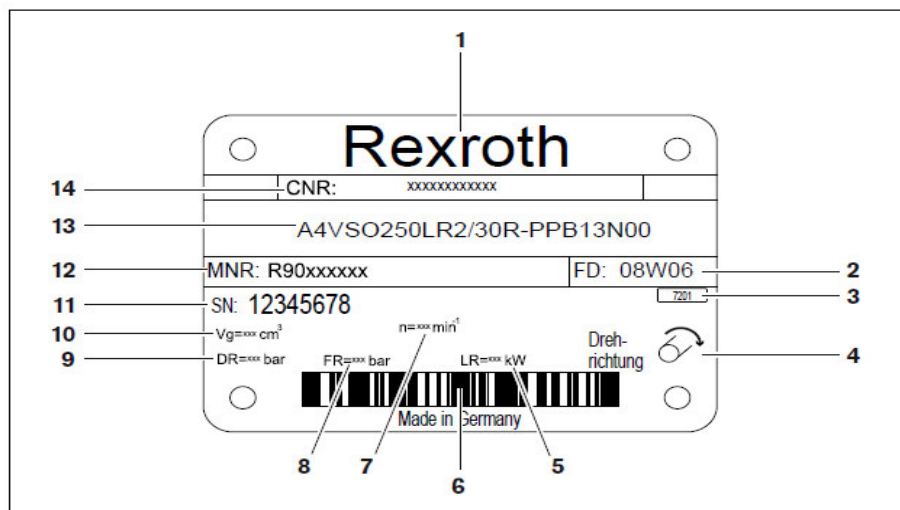
2.5.1) Características

- ✓ Bomba variable de pistones axiales y placa inclinada para transmisiones hidrostáticas en circuito cerrado.
- ✓ El caudal es proporcional a la velocidad de rotación y a la cilindrada y es ajustable en forma continua.
- ✓ Con inclinación creciente de la placa el caudal varía desde 0 hasta su valor máximo.
- ✓ Variación suave del sentido de flujo del caudal al pasar la placa por su posición nula.
- ✓ Programa de variadores adaptable a distintas funciones de mando y regulación.
- ✓ Dos válvulas limitadoras de presión para los correspondientes lados de alta presión como protección de la transmisión hidrostática (bomba y motor) contra sobrecargas.

- ✓ Las válvulas limitadoras de alta presión son al mismo tiempo válvulas de alimentación.
- ✓ La bomba auxiliar integrada se emplea como bomba de alimentación y de aceite de mando.
- ✓ Protección de máxima presión de alimentación mediante la válvula incorporada limitadora de presión de alimentación.
- ✓ Equipada en forma estándar con corte de presión.

2.5.2) Identificación del producto

La máquina a pistones axiales se identifica en la placa de características. El siguiente ejemplo muestra una placa de características A4V:



- | | |
|---|--|
| 1 Fabricante | 8 Ajuste de caudal (opcional) |
| 2 Fecha de fabricación | 9 Ajuste del regulador de presión (opcional) |
| 3 Denominación de planta interno | 10 Cilindrada |
| 4 Sentido de giro (mirando hacia eje de accionamiento) – representado aquí: Derecha | 11 Número de serie |
| 5 Ajuste de potencia (opcional) | 12 Número de material de la máquina a pistones axiales |
| 6 Código de barras | 13 Código de identificación |
| 7 Velocidad de rotación | 14 Número de cliente |

Figura 21: Placa de características A4VG

2.5.3) Descripción del aparato

La A4VG es una bomba variable a pistones axiales en construcción por placa inclinada para accionamientos hidrostáticos en circuito cerrado. El caudal es proporcional a la velocidad de rotación del accionamiento y a la cilindrada. Mediante la basculación de la placa inclinada se puede variar el caudal sin saltos de manera continua.

2.5.4) Construcción de la máquina a pistones axiales

Fig. 2: Construcción de la A4VG Series 1, 2 y 3

4.2.1 Construcción de la máquina a pistones axiales

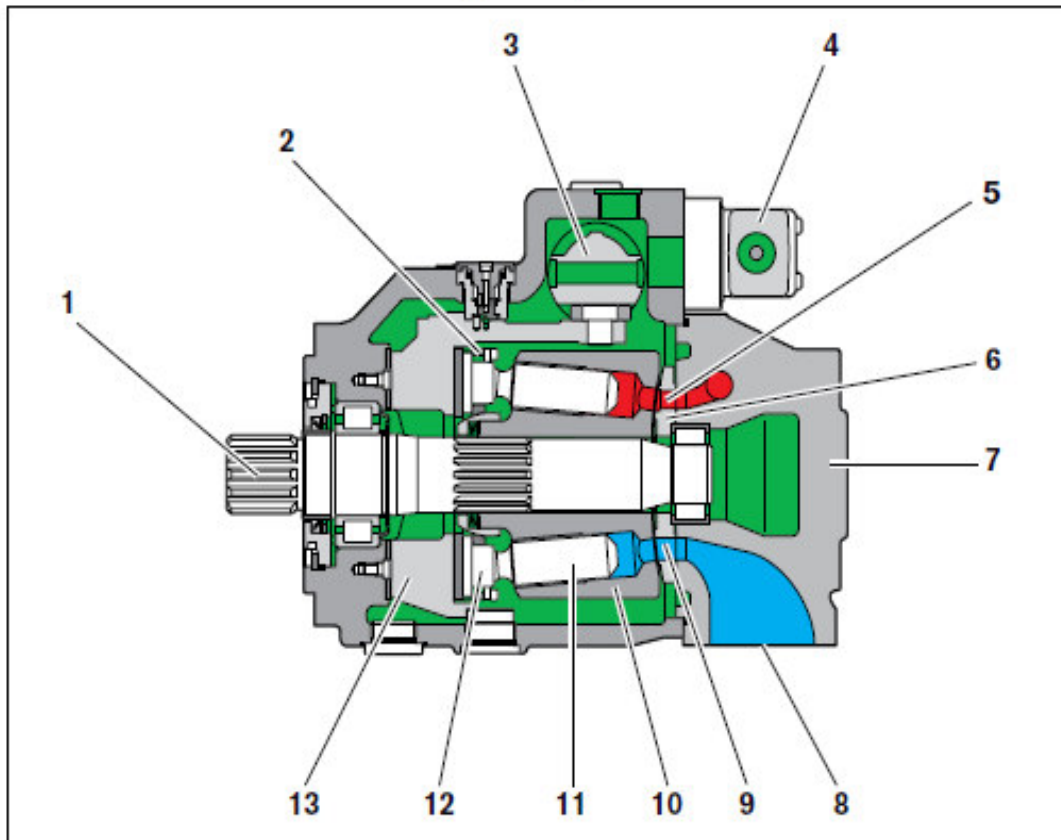


Fig. 2: Construcción de la A4VSO Series 1, 2 y 3

1 Eje de accionamiento	5 Lado alta presión	10 Cilindro
2 Placa retentora	6 Placa de mando	11 Pistón
3 Pistón de ajuste	7 Placa de conexión	12 Patín
4 Aparato de mando (aquí como ej. DR)	8 Conexión de aspiración	13 Soporte basculante
	9 Lado baja presión	

En la máquina a pistones axiales en construcción a placa inclinada los pistones (11) están dispuestos axialmente al eje de accionamiento (1). Ellos están guiados en el cilindro rotativo (10) y se apoyan sobre los patines deslizantes (12) al soporte basculante no rotativo (13). El eje de accionamiento (1) y el cilindro (10) están vinculados entre sí por un dentado.

2.5.5) Descripción de funcionamiento

Bomba.-

El eje de accionamiento (1) es accionado por un torque proveniente de un motor de accionamiento. El cilindro (10) gira con el eje de accionamiento (1) moviendo con si mismo a los pistones (11). Los pistones (11) realizan por cada rotación un movimiento de carrera, cuyo valor está definido por la posición inclinada del soporte basculante (13). Los patines (12) están retenidos y guiados por la placa retentora (2) sobre la superficie de deslizamiento del soporte basculante (13). Durante una rotación se mueve cada pistón (11) entre los puntos muertos inferior y superior a su posición de salida. Con ello entra y sale un volumen de fluido hidráulico a través de las ranuras de mando de la placa de mando (6) que corresponde al área del pistón y su carrera. Desde el lado de baja presión (9) entra el fluido hidráulico, a través de la conexión de aspiración (8), hacia la cámara del pistón que se va agrandando. Simultáneamente se presiona del lado de alta presión (5) al fluido hidráulico mediante el pistón desde cámara del cilindro hacia el sistema hidráulico.

2.6) VARIADORES HIDRAULICOS DE PRESION, CAUDAL Y PRESION

Dispositivos de regulación y ajuste, el ángulo de basculamiento del soporte basculante (13) se puede variar sin saltos de manera continua. Mediante una variación del ángulo de basculamiento cambia la carrera del pistón y con ello la cilindrada. La variación del ángulo de basculamiento se realiza hidráulicamente sobre el pistón de ajuste (3). El soporte basculante (13) está apoyado en cojinetes basculantes para movimientos suaves. Al aumentar el ángulo de basculamiento crece la cilindrada, al reducirlo decrece proporcionalmente. El ángulo de basculamiento no puede ser reducido totalmente a cero para disponer de suficiente cantidad de fluido hidráulico para:

- El enfriamiento de los pistones,
- La alimentación del variador,
- Para compensar fluido de fugas y
- Para la lubricación de las piezas movibles.

2.6.1) Regulador de presión DR.

El regulador de presión DR mantiene constante a la presión en un sistema hidráulico dentro del rango de regulación de la bomba. La presión se puede ajustar sin saltos en la válvula de mando (rango de ajuste 20 hasta 350 bar).

Opcional:

Con regulación de presión con mando remoto (DRG)

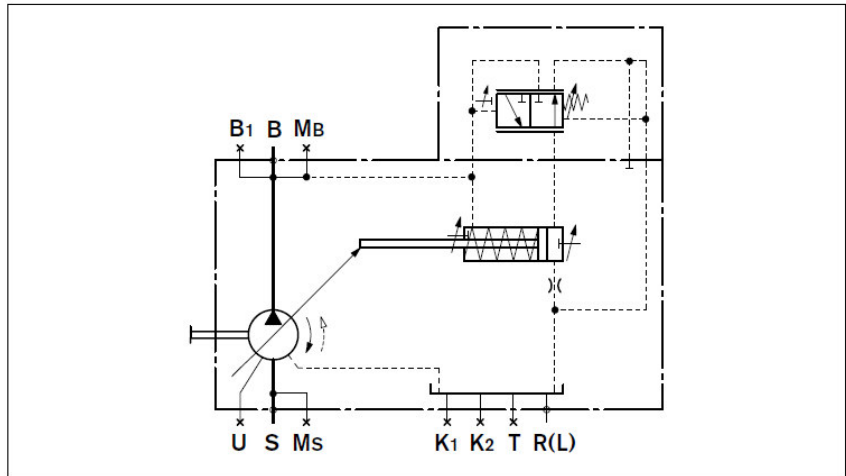
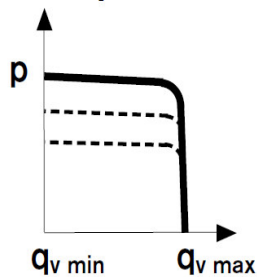


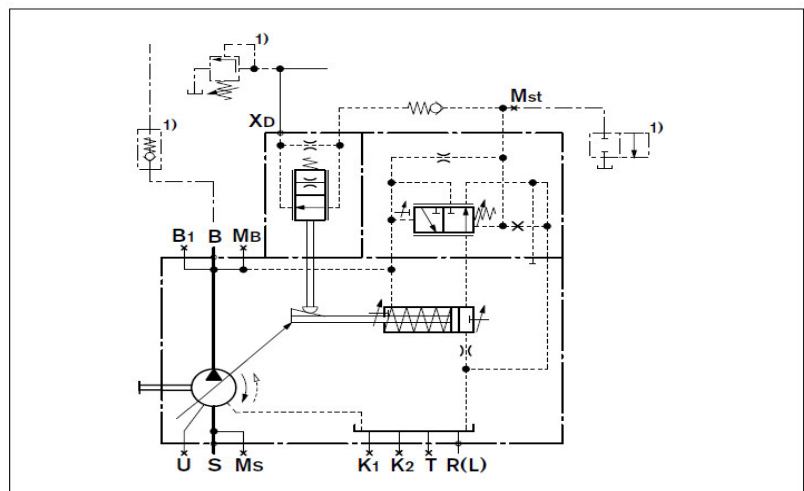
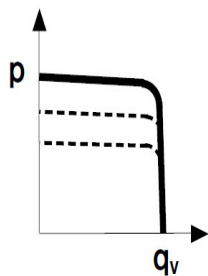
Fig. 3: Circuito A4VSO con regulador de presión DR

2.6.2) Regulador de presión para servicio paralelo DP.

Adecuado para la regulación de presión de varias máquinas a pistones axiales A4VSO en servicio paralelo.

Opcional:

Con regulación de caudal (DPF)



¹⁾ no incluido en el suministro

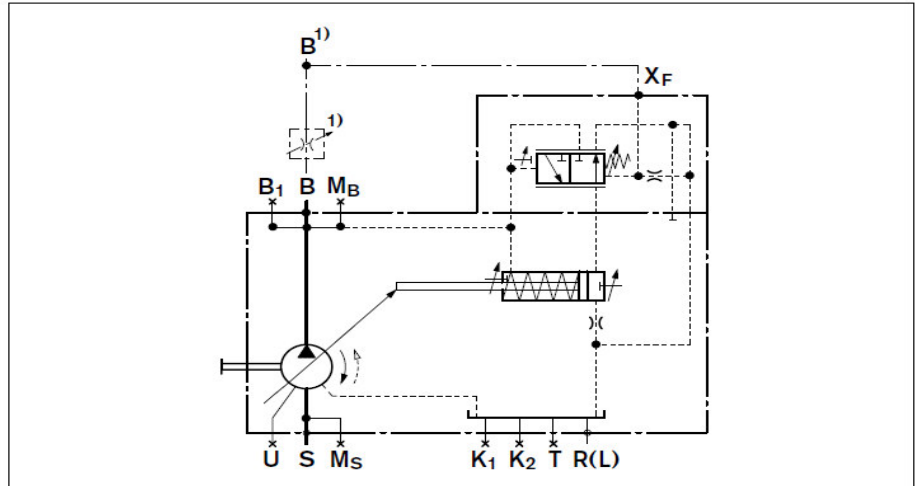
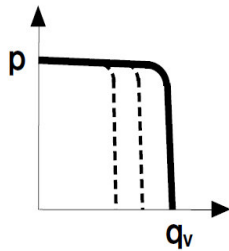
Fig. 4: Circuito A4VSO con regulador de presión para servicio paralelo DP

2.6.3) Regulador de caudal FR.

Mantiene constante el caudal en un sistema hidráulico.

Opcional:

Con regulación de presión con mando remoto (FRG) sin conexión de XF hacia tanque (FR1, FRG1)



¹⁾ no incluido en el suministro

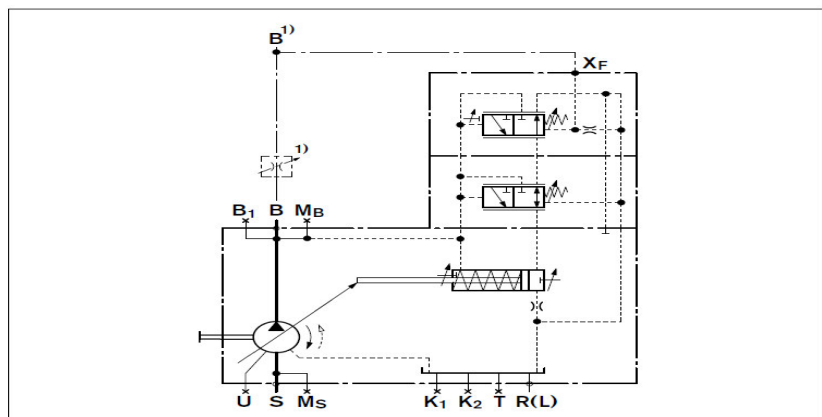
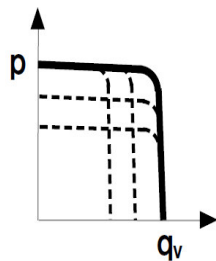
Fig. 5: Circuito A4VSO con regulador de caudal FR

2.6.4) Regulación de presión y de caudal DFR.

Este regulador mantiene constante el caudal de la bomba, también bajo condiciones de servicio cambiantes. La regulación de caudal superpuesta es un regulador de presión mecánicamente ajustable.

Opcional:

Sin conexión de XF hacia tanque (DFR1)



Circuito A4VSO con regulador de presión y caudal DFR

2.6.5) Regulador de potencia LR2 con curva característica hiperbólica.

El regulador de potencia hiperbólico mantiene constante la potencia de accionamiento

Indicada, a igual velocidad de rotación del accionamiento.

Opcional:

con regulación de presión (LR2D), regulación de presión con mando remoto (LR2G);

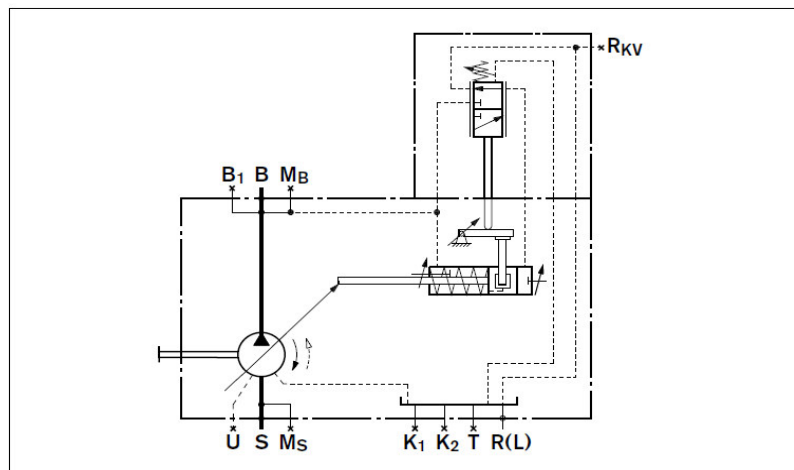
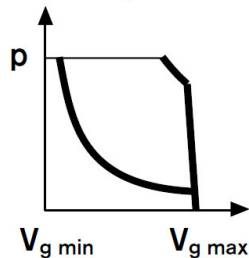
con regulación de caudal respect. regulación de volumen entregado (LR2F, LR2S);

con limitación de carrera hidráulica (LR2H);

con limitación de carrera mecánica (LR2M);

con variador hidráulico a dos posiciones (LR2Z);

con válvula de descarga eléctrica como ayuda de arranque (LR2Y).



Circuito A4VSO con regulador de potencia LR2

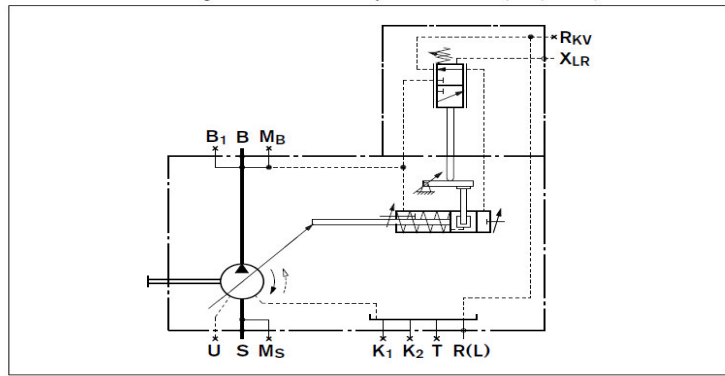
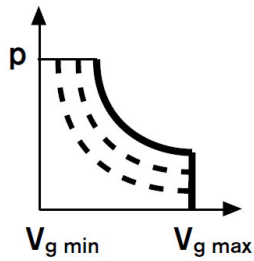
2.6.6) Regulador de potencia LR3 con curva característica de potencia variable a distancia.

Este regulador de potencia hiperbólico mantiene constante la potencia de accionamiento indicada, siendo posible una variación a distancia de la característica de potencia.

Opcional:

con regulación de presión (LR3D), regulación de presión con mando remoto (LR3G); con regulación de caudal respectivo regulación de volumen entregado (LR3F, LR3S); con limitación de carrera hidráulica (LR3H); con limitación de

carrera mecánica (LR3M); con variador hidráulico a dos posiciones (LR3Z); con válvula de descarga eléctrica como ayuda de arranque (LR3Y).



Circuito A4VSO con regulador de potencia LR3

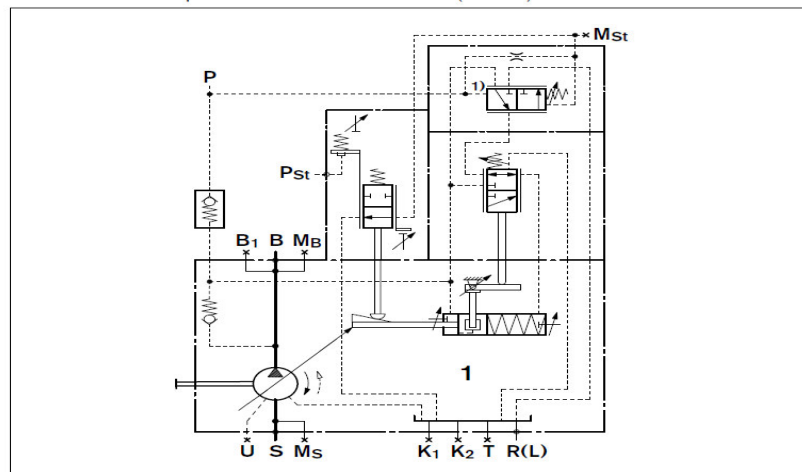
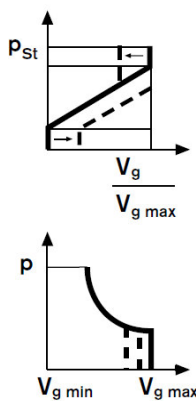
2.6.7) Variador Hidráulico LR2N y LR3N, función de la presión de mando, posición básica $V_{g \min}$.

Con regulación de potencia superpuesta. La cilindrada aumenta de forma proporcional a la presión de mando en PSt. El regulador de potencia hiperbólico adicional está superpuesto a la señal de presión de mando y mantiene constante la potencia de accionamiento indicada.

Opcional:

Característica de potencia variable (LR3N) con regulación de presión (LR.DN),
con regulación de presión con mando remoto (LR.GN)

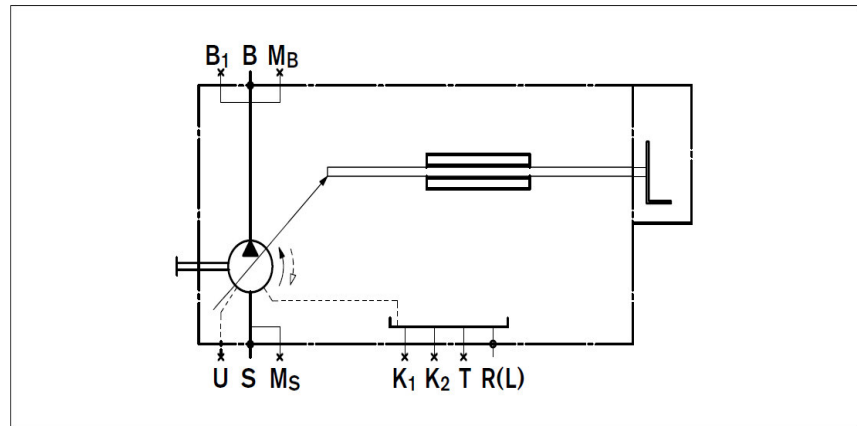
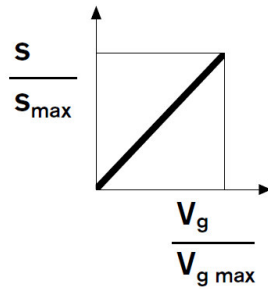
con indicación de presión de mando eléctrica (LR.NT).



Circuito A4VSO con variador hidráulico LR2N

2.6.8) Variador hidráulico LR2N y LR3N, función de la presión de mando, posición básica $V_{g \min}$

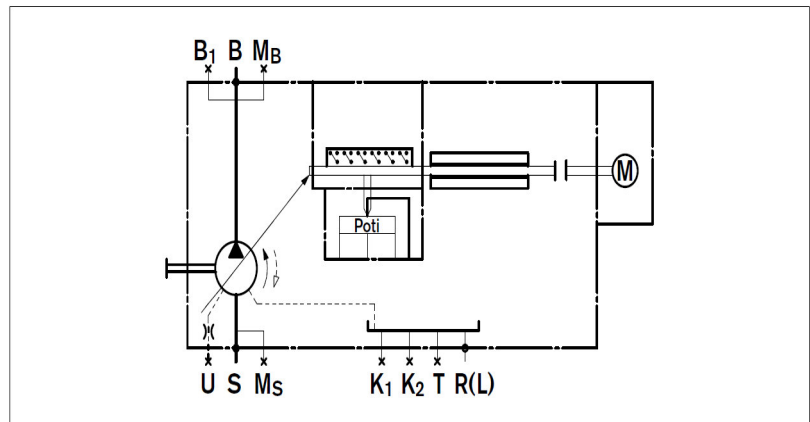
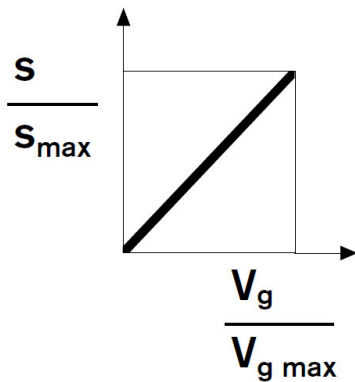
La cilindrada es ajustada sin saltos a a través de un volante.



Circuito A4VSO con variador manual MA

2.6.9) Variador Electromotorico EM

La variación sin saltos de la cilindrada se realiza mediante un motor variable eléctrico. Al conectar el programa, mediante interruptores de fin de carrera instalados y opcionalmente potenciómetros con comunicación del ángulo de basculamiento, se pueden indicar y acceder a posiciones intermedias seleccionables a discreción.



Circuito A4VSO con variador electromotórico EM

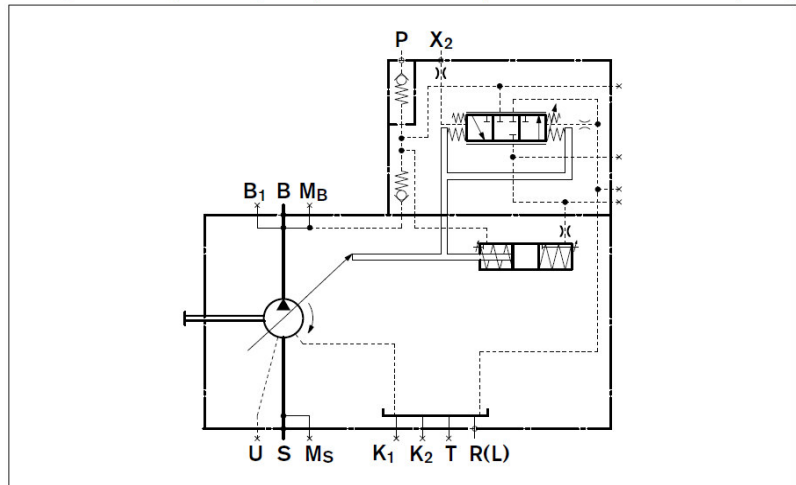
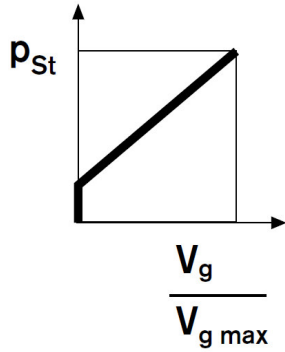
2.6.10) Variador hidráulico HD función de la presión de mando.

Ajuste sin saltos de la cilindrada de la bomba de forma correspondiente a la presión de mando. La variación se efectúa de forma proporcional al valor nominal de presión de mando indicado.

Opcional:

Curvas características de mando (HD1, HD2, HD3)

con regulación de presión (HD.B), regulación de presión con mando remoto (HD.GB)
con regulación de potencia (HD1P) con indicación de presión de mando eléctrica (HD1T)



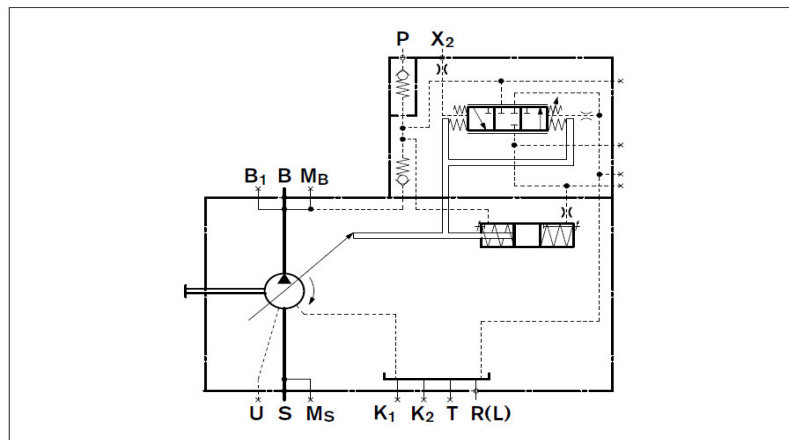
Circuito A4VSO con variador hidráulico HD

2.6.11) Variador hidráulico HM ½ función del volumen.

La cilindrada de la bomba es ajustable sin saltos en función de la cantidad del fluido de mando en las conexiones X1 y X2.

Aplicación:

- Conmutación a dos posiciones
- Aparato básico para servovariadores y variadores proporcionales



Circuito A4VSO con variador hidráulico HM1/2

2.6.12) Sistema de regulación HS, HS4 con servo válvula o válvula proporcional.

La variación sin saltos de la cilindrada se logra a través de una servo válvula o válvula proporcional y realimentación eléctrica del ángulo de basculamiento. Comandable eléctrica o electrónicamente.

Opcional:

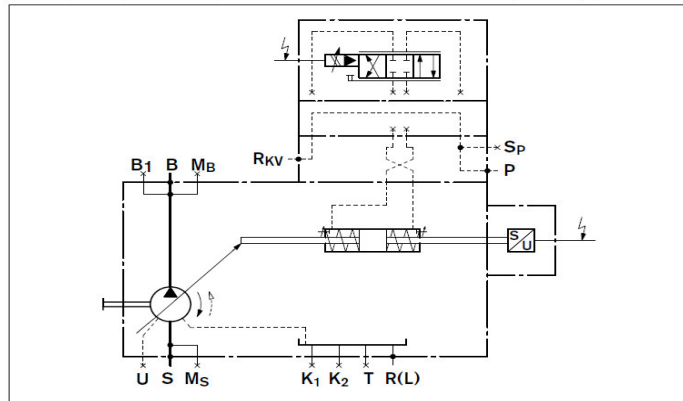
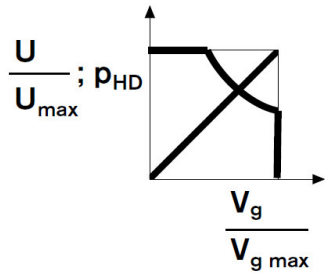
con servo válvula (HS);

con válvula proporcional (HS4);

con válvula de cortocircuito (HSK, HS4K, HS4KP);

sin válvulas (HSE, HS4E);

apropiada para aplicación bajo aceite (HS4M).



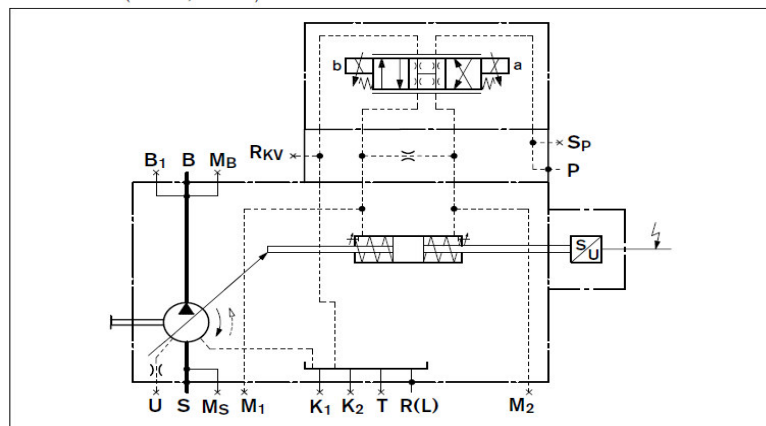
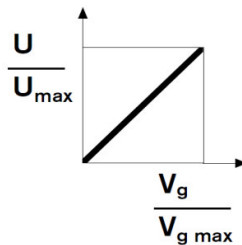
Circuito A4VSO con sistema de regulación HS, HS4

2.6.13) Sistema de regulación EO1/2.

La variación sin saltos de la cilindrada se logra a través de una válvula proporcional y realimentación eléctrica del ángulo de basculamiento. Comandable eléctricamente.

Opcional:

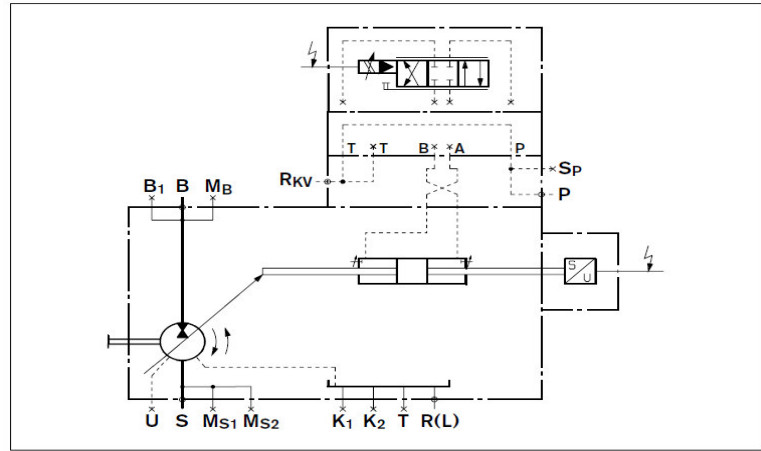
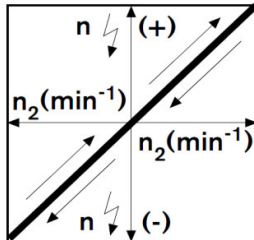
con válvula de cortocircuito (EO1K, EO2K) sin válvulas (EO1E, EO2E)



Circuito A4VSO con sistema de regulación EO1/2

2.6.14) Regulación de velocidad de rotación DS1 regulado por regulación secundaria.

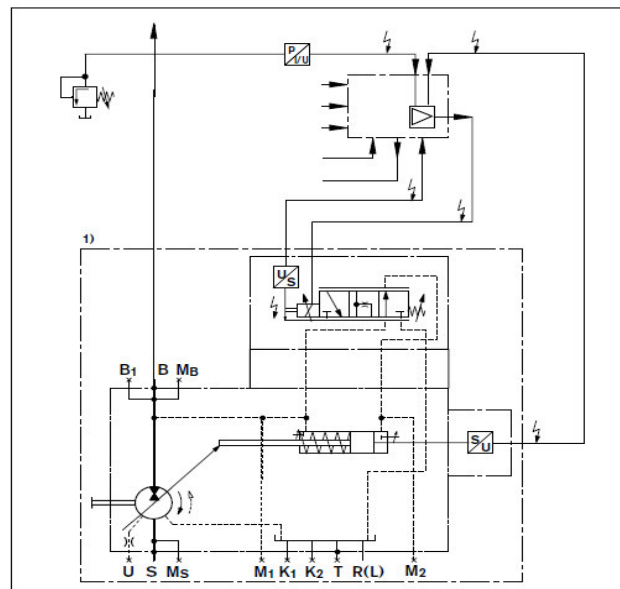
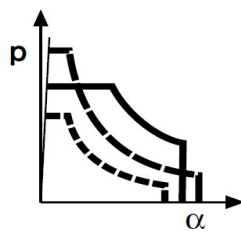
La regulación de velocidad de rotación DS1 regula a la unidad secundaria de manera tal que se encuentre disponible el torque necesario para la velocidad de rotación exigida. Este torque – en la red con presión regulada – es proporcional a la cilindrada y con ello proporcional al ángulo de basculamiento.



Circuito A4VSO con regulación de velocidad de rotación DS1

2.6.15) Sistema de regulación electrohidráulico DFE1.

La regulación de potencia, presión y ángulo de basculamiento de la bomba variable A4VSO...DFE1 se efectúa a través de una válvula proporcional eléctricamente comandada. A través del pistón de ajuste y del captador de posición la corriente en la válvula proporcional determina la posición de la placa inclinada y con ello el caudal de la bomba. Con el motor eléctrico desconectado y el sistema de ajuste sin presión, mediante fuerza del resorte la bomba bascula a cilindrada máxima (V_g máx).



Circuito A4VSO con sistema de regulación electrohidráulico DFE1

2.7) BASES TEÓRICAS DE INGENIERÍA

2.7.1 Ecuación de Bernoulli.-

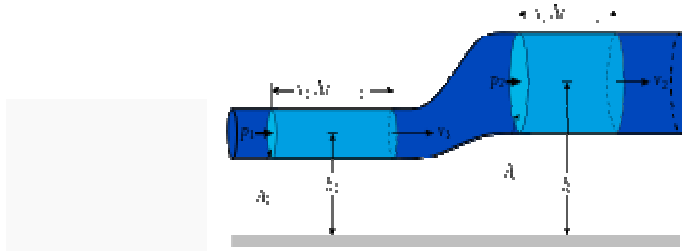


Figura: Principio de Bernoulli.

El principio de Bernoulli, también denominado ecuación de Bernoulli o Trinomio de Bernoulli, describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una corriente de agua. Fue expuesto por Daniel Bernoulli en su obra Hidrodinámica (1738) y expresa que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido.

La ecuación de Bernoulli, es la **energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes:**

- cinética: es la energía debida a la velocidad que posea el fluido;
- potencial gravitacional: es la energía debido a la altitud que un fluido posea;
- energía de flujo: es la energía que un fluido contiene debido a la presión que posee.

La siguiente ecuación conocida como "ecuación de Bernoulli" (Trinomio de Bernoulli) consta de estos mismos términos.

$$\frac{V^2 \rho}{2} + P - \rho g z = \text{constante}$$

Donde:

- V = velocidad del fluido en la sección considerada.
- ρ = densidad del fluido.
- P = presión a lo largo de la línea de corriente.
- g = aceleración gravitatoria
- z = altura en la dirección de la gravedad desde una cota de referencia.

Para aplicar la ecuación se deben realizar los siguientes supuestos:

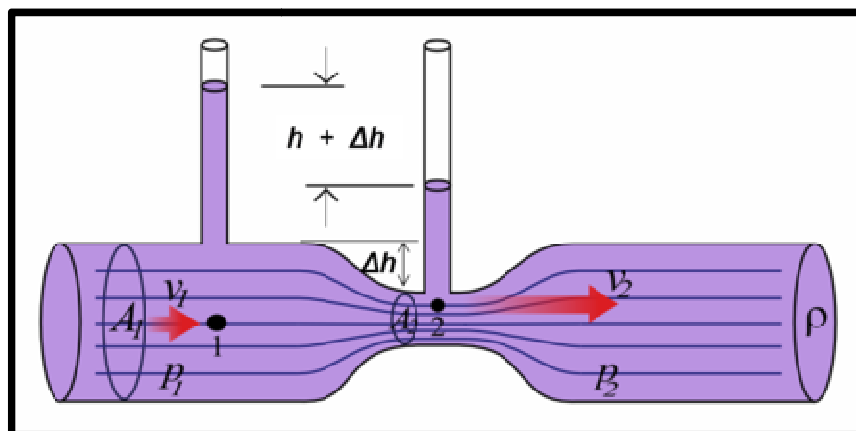
- Viscosidad (fricción interna) = 0 Es decir, se considera que la línea de corriente sobre la cual se aplica se encuentra en una zona 'no viscosa' del fluido.
- Caudal constante
- Flujo incompresible, donde ρ es constante.
- La ecuación se aplica a lo largo de una línea de corriente o en un flujo irrotacional.

Aunque el nombre de la ecuación se debe a Bernoulli, la forma arriba expuesta fue presentada en primer lugar por Leonhard Euler.

Un ejemplo de aplicación del principio se da en el flujo de agua en tubería.

$$\underbrace{\frac{V^2}{2g}}_{\text{cabezal de velocidad}} + \underbrace{\frac{P}{\gamma}}_{\text{cabezal de presión}} + z = \underbrace{H}_{\text{Cabezal o Altura hidráulica}}$$

También podemos reescribir este principio en forma de suma de presiones multiplicando toda la ecuación por γ , de esta forma el término relativo a la velocidad se llamará presión dinámica, los términos de presión y altura se agrupan en la presión estática.



Esquema del efecto Venturi.

$$\underbrace{\frac{\rho V^2}{2}}_{\text{presión dinámica}} + \underbrace{P + \gamma z}_{\text{presión estática}} = \text{constante}$$

o escrita de otra manera más sencilla:

$$q + p = p_0$$

donde

- $q = \frac{\rho V^2}{2}$
- $p = P + \gamma z$
- p_0 es una constante-
-

Igualmente podemos escribir la misma ecuación como la suma de la energía cinética, la energía de flujo y la energía potencial gravitatoria por unidad de masa:

$$\underbrace{\frac{V^2}{2}}_{\text{energía cinética}} + \underbrace{\frac{P}{\rho}}_{\text{energía de flujo}} + \underbrace{gz}_{\text{energía potencial}} = \text{constante}$$

En una línea de corriente cada tipo de energía puede subir o disminuir en virtud de la disminución o el aumento de las otras dos. Pese a que el principio de Bernoulli puede ser visto como otra forma de la ley de la conservación de la energía realmente se deriva de la conservación de la Cantidad de movimiento.

Esta ecuación permite explicar fenómenos como el efecto Venturi, ya que la aceleración de cualquier fluido en un camino *equipotencial* (con igual energía potencial) implicaría una disminución de la presión. Este efecto explica porqué las cosas ligeras muchas veces tienden a salirse de un automóvil en movimiento cuando se abren las ventanas. La presión del aire es menor fuera debido a que está en movimiento respecto a aquél que se encuentra dentro, donde la presión es necesariamente mayor. De forma, aparentemente, contradictoria el aire entra al vehículo pero esto ocurre por fenómenos de turbulencia y capa límite.

Ecuación de Bernoulli con fricción y trabajo externo

La ecuación de Bernoulli es aplicable a fluidos no viscosos, incompresibles en los que no existe aportación de trabajo exterior, por ejemplo mediante una bomba, ni extracción de trabajo exterior, por ejemplo mediante una turbina. De todas formas, a partir de la conservación de la Cantidad de movimiento para fluidos incompresibles se puede escribir una forma más general que tiene en cuenta fricción y trabajo:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 + W = h_f + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2$$

Dónde:

- γ es el peso_específico ($\gamma = \rho g$). Este valor se asume constante a través del recorrido al ser un fluido incompresible.
- W trabajo externo que se le suministra (+) o extrae al fluido (-) por unidad de caudal másico a través del recorrido del fluido.
- h_f disipación por fricción a través del recorrido del fluido.
- Los subíndices **1** y **2** indican si los valores están dados para el comienzo o el final del volumen de control respectivamente.
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

2.7.2 Ley de Pascal.

El incremento de presión aplicado a una superficie de un fluido incompresible (líquido), contenido en un recipiente indeformable, se transmite con el mismo valor a cada una de las partes del mismo.

2.8) GLOSARIO DE TÉRMINOS

a) Temperatura

La temperatura se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como «energía cinética», que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida de que

sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que éste se encuentra más «caliente»; es decir, que su temperatura es mayor.

En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de temperatura es el kelvin (K), y la escala correspondiente es la escala Kelvin o escala absoluta, que asocia el valor «cero kelvin» (0 K) al «cero absoluto», y se gradúa con un tamaño de grado igual al del grado Celsius. Sin embargo, fuera del ámbito científico el uso de otras escalas de temperatura es común. La escala más extendida es la escala Celsius, llamada «centígrada»

b) Presión en un fluido

La presión en un fluido es la presión termodinámica que interviene en la ecuación constitutiva y en la ecuación de movimiento del fluido, en algunos casos especiales esta presión coincide con la presión media o incluso con la presión hidrostática. Todas las presiones representan una medida de la energía potencial por unidad de volumen en un fluido. Para definir con mayor propiedad el concepto de presión en un fluido se distinguen habitualmente varias formas de medir la presión:

- La **presión media**, o promedio de las presiones según diferentes direcciones en un fluido, cuando el fluido está en reposo esta presión media coincide con la presión hidrostática.
- La **presión hidrostática** es la parte de la presión debida al peso de un fluido en reposo. En un fluido en reposo la única presión existente es la presión hidrostática, en un fluido en movimiento además puede aparecer una presión hidrodinámica adicional relacionada con la velocidad del fluido. Es la presión que sufren los cuerpos sumergidos en un líquido o fluido por el simple y sencillo hecho de sumergirse dentro de este. Se define por la fórmula $P_h = \gamma h$ donde P_h es la presión hidrostática, $\gamma = \rho g$ es el peso específico y h profundidad bajo la superficie del fluido.
- La **presión hidrodinámica** es la presión termodinámica dependiente de la dirección considerada alrededor de un punto que dependerá además del peso del fluido, el estado de movimiento del mismo.

c) Caudal

En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

El caudal de un río puede calcularse a través de la siguiente fórmula:

$$Q = A \bar{v}$$

Donde:

- Q Caudal ($[L^3T^{-1}]$; m³/s)
- A Es el área ($[L^2]$; m²)
- \bar{v} Es la velocidad lineal promedio. ($[LT^{-1}]$; m/s)

Dada una sección de área A atravesada por un fluido con velocidad uniforme v , si esta velocidad forma con la perpendicular a la superficie A un ángulo θ , entonces el flujo se calcula como

$$\phi = A \cdot v \cdot \cos \theta.$$

En el caso particular de que el flujo sea perpendicular al área A (por tanto $\theta = 0$ y $\cos \theta = 1$) entonces el flujo vale

$$\phi = A \cdot v.$$

En física e ingeniería, caudal es la cantidad de fluido que circula por unidad de tiempo en determinado sistema o elemento. Se expresa en la unidad de volumen dividida por la unidad de tiempo (e.g.: m³/s).

d) Potencia hidráulica

La potencia (P) de una bomba hidráulica es la relación entre la energía de un flujo proporcionada por la bomba y el tiempo que la misma ha estado en funcionamiento para comunicar dicha energía.

Normalmente esta magnitud se suele expresar como el producto de la presión del fluido por su caudal.

$$P_{util} = p \cdot Q$$

En todas las instalaciones siempre se producen pérdidas, por lo que siempre la potencia de la bomba hidráulica debe ser mayor que la potencia teórica prevista.

e) Revolucion por minuto (RPM)

Una revolución por minuto es una unidad de frecuencia que se usa también para expresar velocidad angular. En este contexto, se indica el número de rotaciones completadas cada minuto por un cuerpo que gira alrededor de un eje.

Para expresar un valor en revoluciones por minuto, se simboliza dicha unidad como min^{-1} o r/min , aunque también se utilizan símbolos de uso tradicional que no han sido fijados por las instituciones de normalización como RPM.




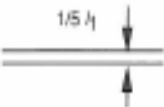


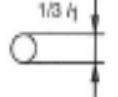
3.1 Simbología usada según la din iso 1219


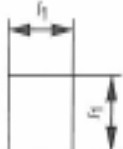



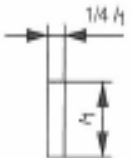
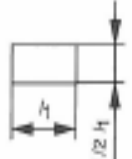
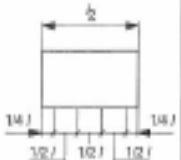
Capítulo 2

Símbolos gráficos según DIN ISO 1219

Los símbolos gráficos para equipamientos hidráulicos deben considerarse desde el punto de vista funcional y se componen de uno o varios símbolos básicos y, por lo general, de uno o varios símbolos funcionales. Los símbolos no poseen una escala determinada ni están definidos para una posición determinada.

La siguiente lista no está completa, pero sirve como ayuda de trabajo para realizar símbolos gráficos.







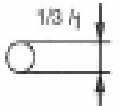
Denominación/ Aclaraciones/Ejemplos	Símbolo
Símbolos básicos	
Línea	
continua Tubería de trabajo, tubería de retorno, línea eléctrica	
Línea punteada Tubería de mando, conducto de fugas, posición transitoria	
Línea de trazo y punto Para enmarcar dos o más componentes de un grupo constructivo.	
Doble Unión mecánica (eje, palanca, vistago)	
Círculo Unidades transformadoras de energía (bombas, motores)	
Instrumentos de medición	
Válvulas antirretorno, uniones giratorias, articulaciones mecánicas, rodillos (siempre con centro)	


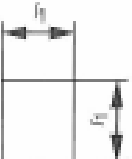
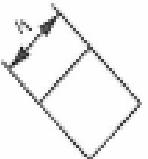
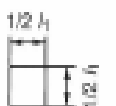
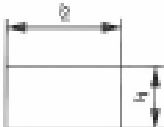
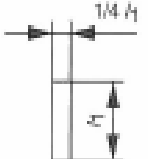
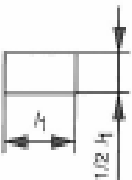
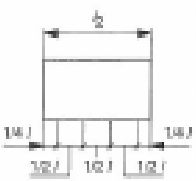
Denominación/ Aclaraciones/Ejemplos	Símbolo
Semicírculo Motor o bomba con ángulo de rotación limitado (motor giratorio)	
Cuadrado Conexiones verticales hacia los lados. Elementos de mando, unidades de accionamiento (a excepción del motor electr.)	
Conexiones hacia las esquinas Equipos de preparación (filtros, separadores, aparatos de lubricación, intercambiadores de calor)	
Amortiguación en elementos de ajuste, peso en el acumulador	
Rectángulo Cilindros, válvulas	
Pistón en el cilindro	
Variadores	
Distancias para líneas de conducción	

Símbolos gráficos según DIN ISO 1219






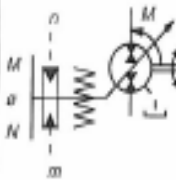





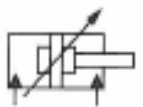









Los símbolos gráficos para equipamientos hidráulicos deben considerarse desde el punto de vista funcional y se componen de uno o varios símbolos básicos y, por lo general, de uno o varios símbolos funcionales. Los símbolos no poseen una escala determinada ni están definidos para una posición determinada.

La siguiente lista no está completa, pero sirve como ayuda de trabajo para realizar símbolos gráficos.

Denominación/ Aclaraciones/Ejemplos	Símbolo
Símbolos básicos	
Línea	
continua Tubería de trabajo, tubería de retorno, línea eléctrica	
Línea punteada Tubería de mando, conducto de fugas, posición transitoria	
Línea de trazo y punto Para enmarcar dos o más componentes de un grupo constructivo.	
Doble Unión mecánica (eje, palanca, vástago)	
Círculo Unidades transformadoras de energía (bombas, motores)	
Instrumentos de medición	
Válvulas antirretorno, uniones giratorias, articulaciones mecánicas, rodillos (siempre con centro)	

Denominación/ Aclaraciones/Ejemplos	Símbolo
Semicírculo Motor o bomba con ángulo de rotación limitado (motor giratorio)	
Cuadrado Conexiones verticales hacia los lados. Elementos de mando, unidades de accionamiento (a excepción del motor eléct.)	
Conexiones hacia las esquinas Equipos de preparación (filtros, separadores, aparatos de lubricación, intercambiadores de calor)	
Amortiguación en elementos de ajuste, peso en el acumulador	
Rectángulo Cilindros, válvulas	
Pistón en el cilindro	
Variadores	
Distancias para líneas de conducción	

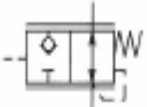

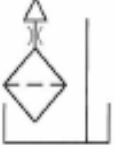



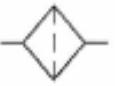

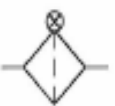




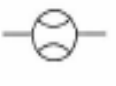
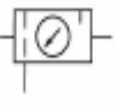






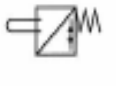
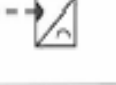
Denominación/ Aclaraciones/Ejemplos	Símbolo	Denominación/ Aclaraciones/Ejemplos	Símbolo
Tipos de accionamiento Símbolo general		Accionamiento por carga o descarga de presión Efecto directo sobre el elemento de ajuste	
Pulsador		Por medio de superficies de mando opuestas de distinto tamaño	
Botón de tracción		Canal interno de mando	
Botón de tracción y pulsador		Canal externo de mando	
Palanca		Accionamiento neumático/hidráulico	
Pedal, 1 sentido de accionamiento		Accionamiento hidráulico de 2 etapas	
Pedal, 2 sentidos de accionamiento		Accionamiento electrohidráulico de 2 etapas, alimentación externa de aceite piloto	
Tope		Accionamiento neumático-hidráulico de 2 etapas, retorno externo de aceite piloto	
Tope con limitación de carrera		Accionamiento electrohidráulico de 2 etapas, centrado por resorte de la posición media, alimentación y retorno externos de aceite piloto	
Resorte (muelle)		Accionamiento electrohidráulico de 2 etapas, centrado por presión de la posición media, alimentación y retorno externos de aceite piloto	
Tope de rodillo		Retorno externo de la posición real del elemento de ajuste	
Palanca de rodillo		Retorno interno de la posición real del elemento de ajuste	
Eléctrico, 1 bobinado			
Eléctrico, 2 bobinados de efecto opuesto			
Eléctrico, 2 bobinados de efecto opuesto variables en forma continua			
2 accionamientos de efecto paralelo			

Denominación/ Aclaraciones/Ejemplos	Símbolo	Denominación/ Aclaraciones/Ejemplos	Símbolo
Fuentes de energía			
Hidráulica		Reductor hidráulico compacto	
Neumática		Bomba variable con compensador de presión, 1 sentido de caudal, 1 sentido de giro, conexión de fugas	
Motor eléctrico		Bomba/Motor variable con compensador de presión, 2 sentidos de caudal, 2 sentidos de giro, conexión de fugas	
Unidad de accionamiento, excepto motor eléctrico			
Transformación y acumulación de la energía			
Bombas y motores hidráulicos			
Bomba hidráulica, general		Cilindro hidráulico	
Bomba constante, 1 sentido de caudal, 1 sentido de giro		Cilindro hidráulico de acción simple, camara de retorno por carga de presión, cámara del pistón unida con el tanque	
Bomba variable, 2 sentidos de caudal, 1 sentido de giro, conexión de fugas		Cilindro hidráulico de acción doble, vástago unilateral, amortiguación ajustable de ambos lados del pistón	
Motor constante, 2 sentidos de caudal, 2 sentidos de giro		Cilindro hidráulico telescópico, efecto simple	
Bomba/Motor constante, 1 sentido de caudal, 1 sentido de giro		Cilindro hidráulico telescópico, efecto doble	
Bomba/Motor variable, variación manual 2 sentidos de caudal, 2 sentidos de giro, conexión de fugas		Acumulador hidráulico (sólo en posición vertical)	
Motor hidráulico giratorio		Acumulador (pretensión no está representada)	
		Acumulador con pretensión de gas	

Denominación/ Aclaraciones/Ejemplos	Símbolo
Botella de gas a presión	
Mando y regulación de energía <i>Válvulas distribuidoras</i>	
Válvula con 2 posiciones de conmutación y 1 posición de transición	
Válvula con 2 posiciones de conmutación, 2 conexiones, posición inicial cerrada, 2 sentidos de caudal	
Válvula con 2 posiciones de conmutación, 2 conexiones, posición inicial abierta, 2 sentidos de caudal	
Válvula con 2 posiciones de conmutación, 3 conexiones, posición inicial abierta, 2 sentidos de caudal	
Válvula distribuidora 2/2 vías, 2 conexiones, 2 posiciones de conmutación	
Válvula distribuidora 3/2 vías, 3 conexiones, 2 posiciones de conmutación, 1 posición transitoria, accionamiento por solenoide, posición inicial definida por resorte	
Válvula distribuidora 5/2 vías, 5 conexiones, 2 posiciones de conmutación, accionamiento por carga de presión en ambos sentidos	

Denominación/ Aclaraciones/Ejemplos	Símbolo
Válvula distribuidora 4/3 vías, con un nivel de mando previo, (representación detallada) accionamiento electrohidr., 4 conexiones, 3 posiciones de conmutación, posición media centrada por resorte, accionamiento de emergencia, retorno externo de aceite piloto	
representación simplificada	
Válvula distribuidora 4/3 vías, con un nivel de mando previo (representación detallada) accionam. electrohidráulico, 4 conexiones, 3 posiciones de conmutación, posición media centrada por resorte, válvula principal de mando con centraje adicional por presión accionam. de emergencia, retorno externo de aceite piloto	
representación simplificada	
Válvulas continuas Válvula con 2 posiciones finales y una infinidad de posiciones de transición	
Válvula con 3 posiciones definidas y una infinidad de posiciones de transición	
Válvula continua, recubrimiento negativo	
Válvula continua, recubrimiento positivo	
Servoválvula distribuidora 4/3 vías (ejemplo típico)	
Válvulas antirretorno/ Válvulas de cierre Válvula antirretorno, sin carga	
Válvula antirretorno, carga por resorte	
Válvula antirretorno desbloqueable, sin pretensión por resorte La válvula es mantenida cerrada mediante presión de mando	

Denominación/ Aclaraciones/Ejemplos	Símbolo	Denominación/ Aclaraciones/Ejemplos	Símbolo
Válvula antirretorno desbloqueable, con pretensión por muelle La válvula se abre mediante presión de mando		Válvulas de flujo Válvula estranguladora, ajustable	
Válvula de cambio		Válvula de cierre	
Válvulas de presión Válvula limitadora de presión, mando directo, alimentación interna de aceite piloto		Válvula estranguladora de ajuste mecánico	
Válvula limitadora de presión, mando directo, alimentación interna de aceite piloto, conexión externa de flujo de fuga		Válvula antirretorno estranguladora	
Válvula limitadora de presión, precomandada, alimentación interna de aceite piloto, retorno interno de aceite piloto		Válvula reguladora de flujo de 2 vías, con balanza compensadora de presión	
Válvula limitadora de presión, precomandada, descarga accionada eléctricamente, alimentación interna de aceite piloto, retorno interno de aceite piloto		Válvula reguladora de flujo de 2 vías, con compensación de presión y de temperatura	
Válvula reductora de presión de 2 vías, mando directo, alimentación interna de aceite piloto		Válvula reguladora de flujo de 2 vías, con compensación de presión y de temperatura	
Válvula reductora de presión de 2 vías, precomandada, alimentación interna de aceite piloto, retorno externo de aceite piloto		Divisor de flujo	
Válvula reductora de presión de 3 vías, mando directo, alimentación interna de aceite piloto		Válvulas insertables de 2 vías (elementos lógicos) Válvula distribuidora, libre de fugas, diversas superficies efectivas	
		Válvula reguladora de flujo	

Denominación/ Aclaraciones/Ejemplos	Símbolo	Denominación/ Aclaraciones/Ejemplos	Símbolo
Válvula distribuidora, libre de fugas en un sentido, superficies efectivas iguales		Instrumentos de medición e indicadores	
Acumulación y tratamiento de fluidos		Indicación de presión, general	
Tanque ventilado		Manómetro	
Recipiente cerrado pretensado		Manómetro de diferencia de presión	
Filtro		Instrumento de medición del nivel de líquido	
Filtro con indicación de ensuciamiento		Aparato para medir la temperatura	
Separador		Indicador de caudal	
Filtro con separador		Aparato para medir el caudal	
Unidad de tratamiento compuesta de: Filtro, separador, válvula reductora de presión, manómetro y engrasador		Aparato para medir el número de revoluciones	
Refrigerador con dirección de flujo del medio refrigerante		Aparato para medir el par de giro	
Calentador		Presostato hidroeléctrico	
Regulador de temperatura		Interruptor de fin de curso	
		Convertidor analógico	

CAPITULO III: METODOLOGIA DE INVESTIGACION

3.1) Identificación del problema

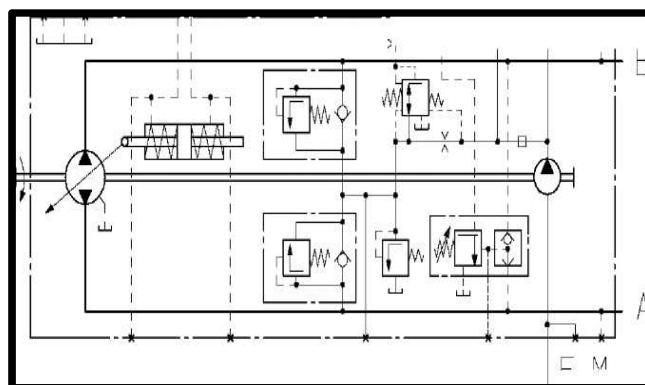
El variador hidráulico DA, dependiente de la velocidad, en función de la velocidad de rotación, mediante una válvula reguladora DA se alimenta con presión el cilindro variador de la bomba a través de una válvula direccional de 4/3 vías. De este modo se puede ajustar en forma continua la placa y con ello la cilindrada. A cada sentido de flujo le corresponde un solenoide. Velocidad creciente > mayor presión de mando mayor presión de mando > mayor cilindrada La presión de servicio (presión alta) provoca, según la característica, un retroceso de la placa a la cilindrada correspondiente. presión creciente > menor cilindrada

A través del retroceso de la cilindrada de la bomba y de la compresión del número de revoluciones de la máquina de accionamiento se logra una regulación a momento constante ($T_{co}n_{st.}$). La compresión del número de revoluciones implica una reducción de la presión de mando.

Una compresión del número de revoluciones al menor valor posible equivale a un aprovechamiento óptimo de la potencia de accionamiento. Esto se obtiene mediante el "inching parcial". Para ello la válvula reguladora DA se acopla mecánicamente con el pedal acelerador, es decir que a partir de una determinada velocidad (recorrido del pedal) la curva de mando se desplaza en forma paralela sobre la velocidad de régimen.

La absorción de una potencia adicional (por ejemplo mediante la hidráulica de trabajo) puede significar una reducción de la velocidad del motor. Esto conduce a la reducción de la presión de mando y con ello también la cilindrada de la bomba. La potencia liberada está plenamente disponible para otros consumidores. Distribución automática de la potencia, aprovechamiento total de la misma para la traslación y la hidráulica de trabajo.

Para mecanismos de traslación se emplea la válvula reguladora DA en combinación con el variador hidráulico de mando directo. También se pueden equipar las bombas con variadores EP, HW, HD o DG con válvula reguladora DA. De ese modo se influye sobre el comportamiento de marcha automática (dependiente de la velocidad, de la alta presión o del caudal con límite de carga). La cilindrada máxima en estos variadores se limita en función del ajuste del dispositivo de mando correspondiente.



3.2) Calculos de la presion y caudal necesarios de la bomba

Bases de calculo

	Bomba constante de placas inclinadas	Bomba variable de placas inclinadas
Caudal	$Q_1 = \frac{V_g \cdot n \cdot \eta_{vol}}{1000} \quad (l/min)$	$Q_1 = \frac{V_{g\ max} \cdot n \cdot \tan \alpha \cdot \eta_{vol}}{1000 \cdot \tan \alpha_{max}} \quad (l/min)$
Núm. revol. accionamiento	$n = \frac{Q_1 \cdot 1000}{V_g \cdot \eta} \quad (min^{-1})$	$n = \frac{Q_1 \cdot 1000 \cdot \tan \alpha_{max}}{V_{g\ max} \cdot \tan \alpha \cdot \eta_{vol}} \quad (min^{-1})$
Par de giro de accionamiento	$M_1 = \frac{V_g \cdot \Delta p}{20 \pi \cdot \eta_{mh}} = \frac{1,59 \cdot V_g \cdot \Delta p}{100 \cdot \eta_{mh}} \quad (Nm)$	$M_1 = \frac{V_{g\ max} \cdot \Delta p \cdot \tan \alpha}{20 \pi \cdot \eta_{mh} \cdot \tan \alpha_{max}} = \frac{1,59 \cdot V_{g\ max} \cdot \Delta p \cdot \tan \alpha}{100 \cdot \eta_{mh} \cdot \tan \alpha_{max}} \quad (Nm)$
Potencia de accionamiento	$P_1 = \frac{2 \pi \cdot M_1 \cdot n}{60\ 000} = \frac{M_1 \cdot n}{9549} \quad (kW)$ $P_1 = \frac{Q_1 \cdot \Delta p}{600 \cdot \eta_{vol} \cdot \eta_{mh}} = \frac{Q_1 \cdot \Delta p}{600 \cdot \eta_t} \quad (kW)$	$P_1 = \frac{2 \pi \cdot M_2 \cdot n}{60\ 000} = \frac{M_2 \cdot n}{9549} \quad (kW)$ $P_1 = \frac{Q_1 \cdot \Delta p}{600 \cdot \eta_{vol} \cdot \eta_{mh}} = \frac{Q_1 \cdot \Delta p}{600 \cdot \eta_t} \quad (kW)$

Tabla : Obtención de las magnitudes para las bombas.

Fuerzas del grupo motor

Vienen representadas las fuerzas del mecanismo motor. La descomposicion de fuerzas se produce en la brida motriz.

Esta conversión de par de giro en fuerza de pistón en la bomba y garantiza rendimientos óptimos. Una simple descomposicion de fuerzas significa también sólo una vez una pérdida de rendimiento.

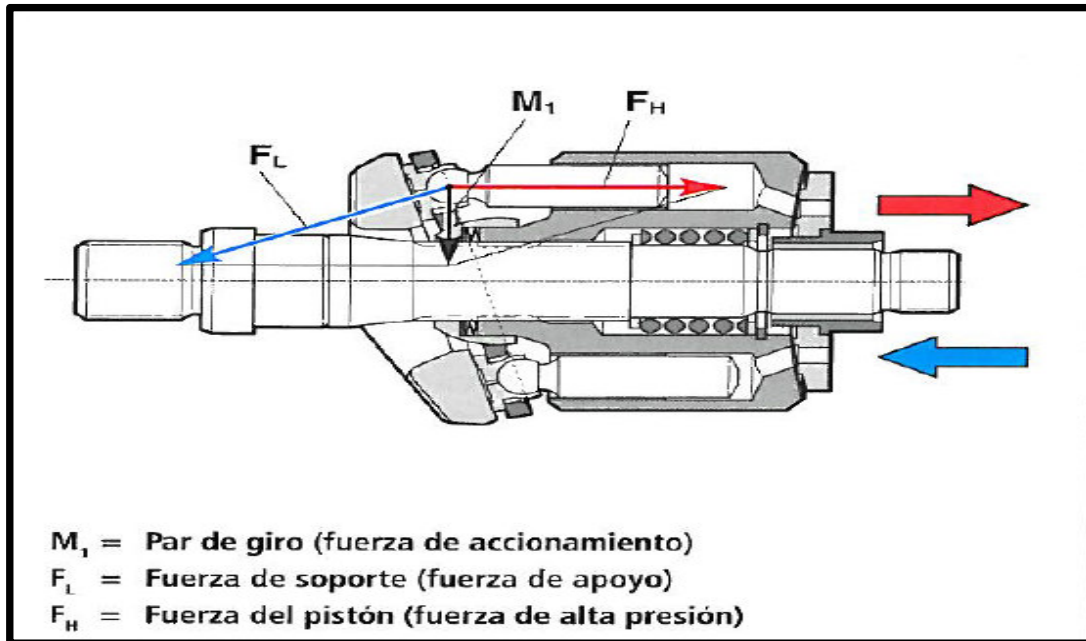


Figura 22: Descomposición de fuerzas en la brida motriz de la bomba.

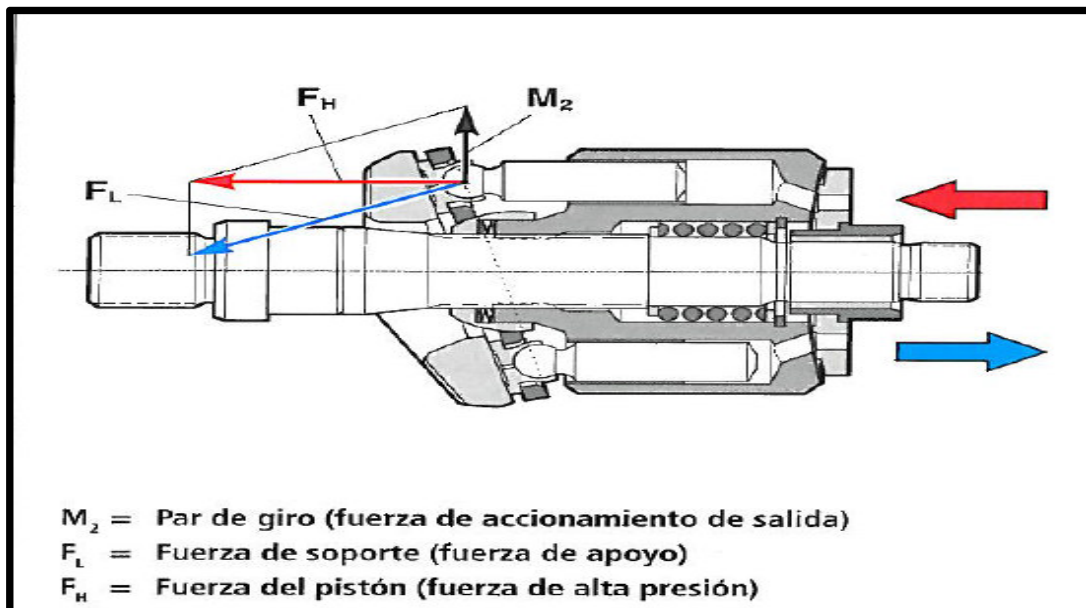


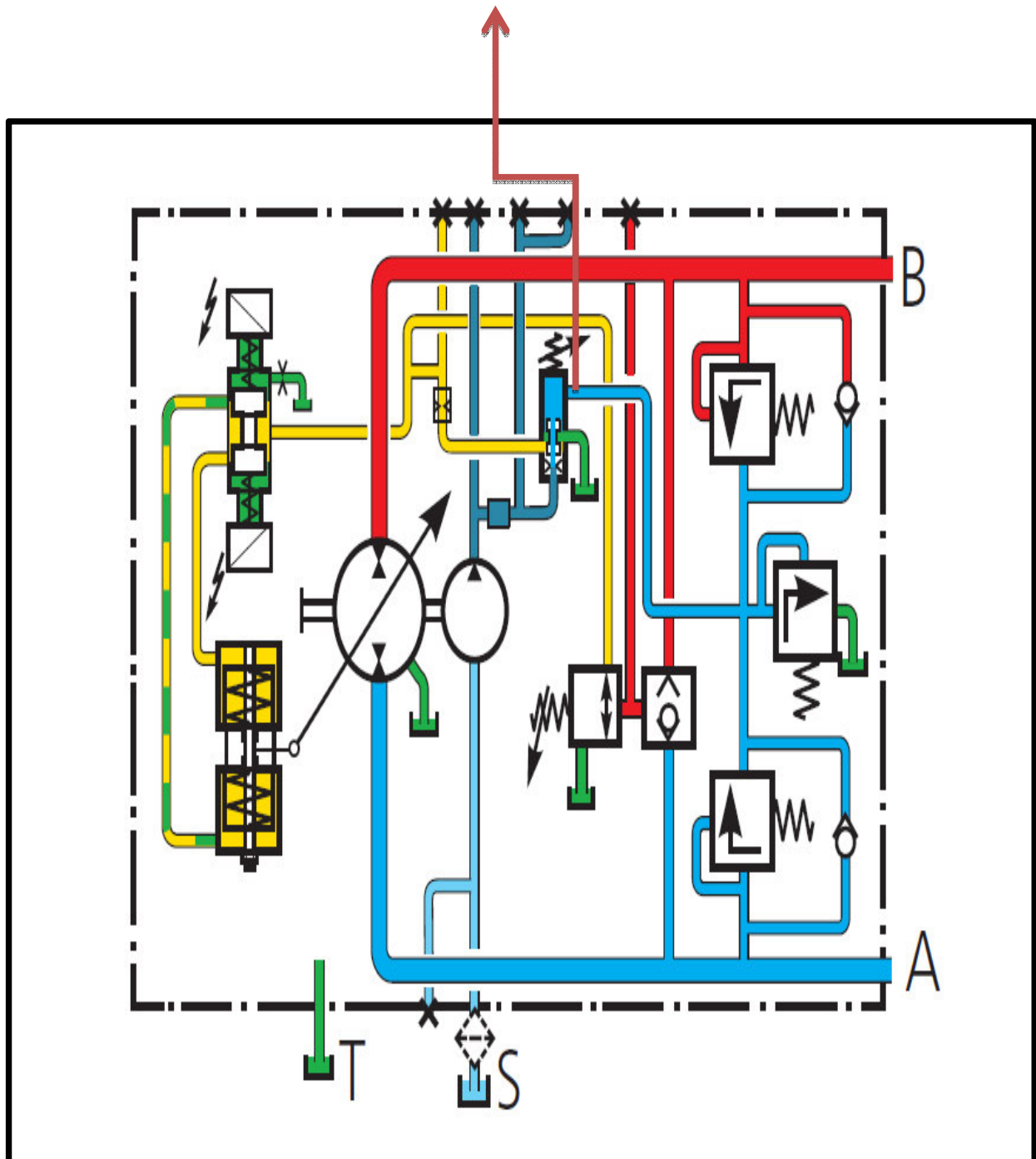
Figura 23: Descomposición de fuerzas en la placa de mando con su superficie esférica.

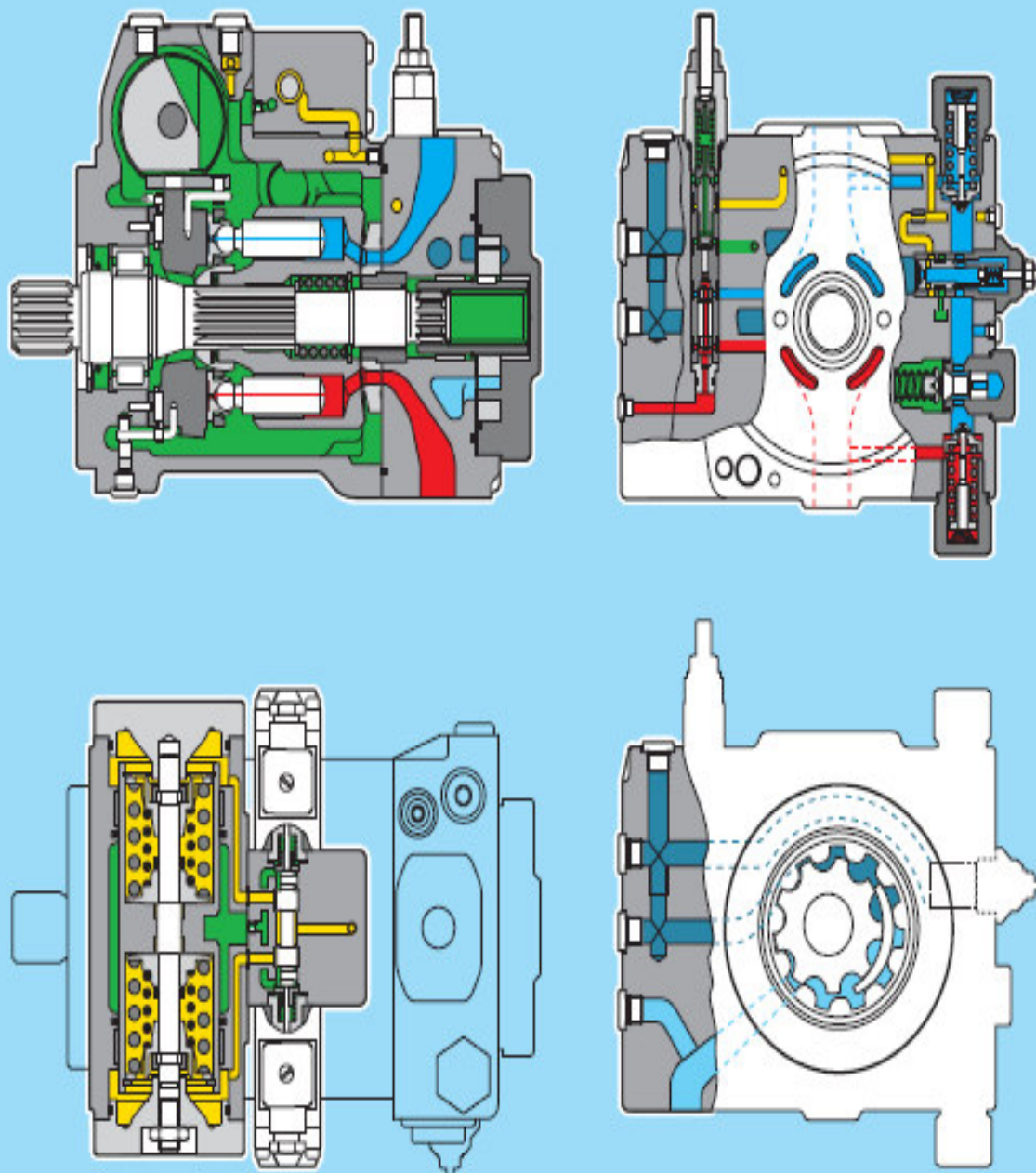
En la observación de los pares de giro se ha recortado un segmento del grupo motor hidráulico y se ha representado simplificado en estado puramente estático con ángulo giratorio 0° .

En la practica, cnn el grupo motor basculado, se producen procesos de carga dinámica, dado que constantemente actúa alta presión sobre 3 o 4 superficies de pistones.

3.3) Modificación propuesta

Aquí se instalara los anillos restrictores, para modificar la seccion de paso del fluido oleohidraulico.





Hochdruck High pressure Haute pression Alta pressione Alta presión	Niederdruck Return line pressure Basse pression Bassa pressione Baja presión	Saugdruck Suction pressure Pression d'aspiration Pressione d'aspirazione Presión de aspiración	Lecköldruck Case drain pressure Pression de drainage Pressione di trattamento Presión de drenaje	Servdruck Pilot pressure Pression de pilotage Pressione di pilotaggio Presión de pilotaje	Stelldruck Control pressure Pression de commande Pressione di posizionamento Presión de brida

3.4 ANILLOS RESTRICTORES

3.4.1 Tipo de material

V 320	AISI : 4140
VCL	DIN : 42 Cr Mo 4
	W N° : 1.7223/25

Tipo de aleación : C 0,41 Cr 1,1 Mo 0,2 Si 0,2 Mn 0,7 %
 Color de identificación : Verde - Blanco
 Estado de suministro : Bonificado, 250-310 HB Típico. Ver tabla inf.
 Largo Standard : 3,5 - 5 metros

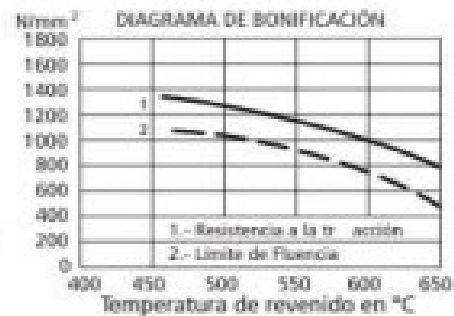
Acero especial de bonificación con aleación de cromo molibdeno.

Muy resistente a la tracción y a la torsión, como también a cambios de flexión. Se suministra en estado bonificado, lo que permite, en la mayoría de los casos, su aplicación sin necesidad de tratamiento térmico adicional.

APLICACIONES: Partes de maquinaria y repuestos de dimensiones medianas, con grandes exigencias en las propiedades arriba mencionadas y también ciertos elementos para la construcción de motores, engranajes, pernos, tuercas, pines, émbolos, árboles de transmisión, ejes de bombas, cañones de armas para la cacería.

INDICACIONES PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO

Forjado: 1050 - 850 °C
Normalizado: 840 - 880 °C
Recocido: 690 - 720 °C
 Enfriamiento lento en el horno
Temple: al aceite 830 - 860 °C
 al agua 820 - 850 °C
Dureza Obtenible: 52 - 56 HRC
Revenido: 540 - 680 °C
Nitrurar: 580 °C

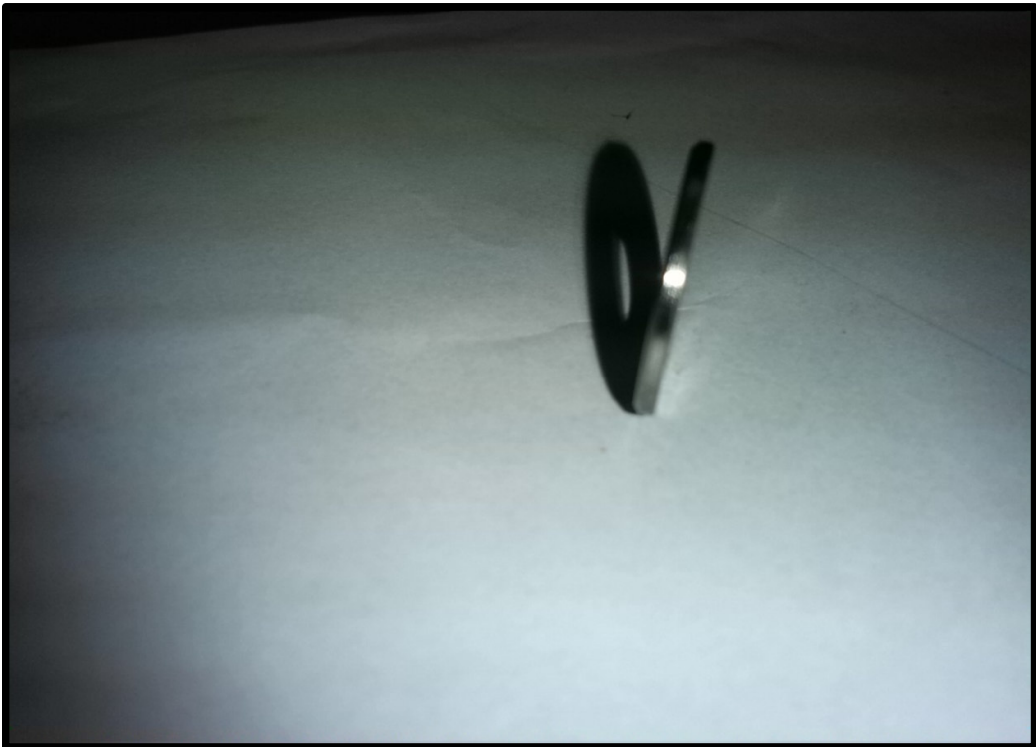
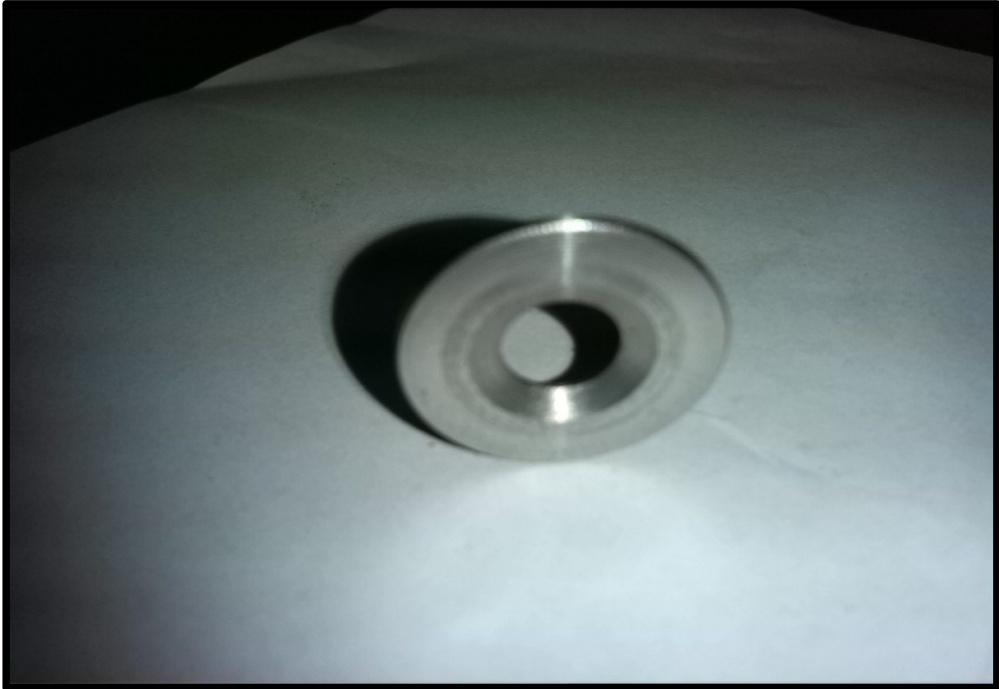


Resistencia en estado Recocido		CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS EN ESTADO BONIFICADO						
máx. N/mm²	Dureza Brinell máx.	Diámetro mm.		Límite de fluencia N/mm²	Resistencia a la tracción N/mm²	Elongación (Lo = 5d) % mín.	Estricción % mín.	Resiliencia según DVM Joule
		desde	hasta					
770	241	16	16	435	1030 - 1250	10	40	34
		40	40	715	930 - 1130	11	45	41
		100	100	595	830 - 1030	12	50	41
		160	160	530	730 - 900	13	55	41
		160	250	490	690 - 840	14	55	41

Soldadura: Consultar con nuestro Departamento Técnico

3.4.2 Esquema de los anillos restrictores





CAPÍTULO IV: TRABAJO DE CAMPO.

4.1 Proceso de la prueba

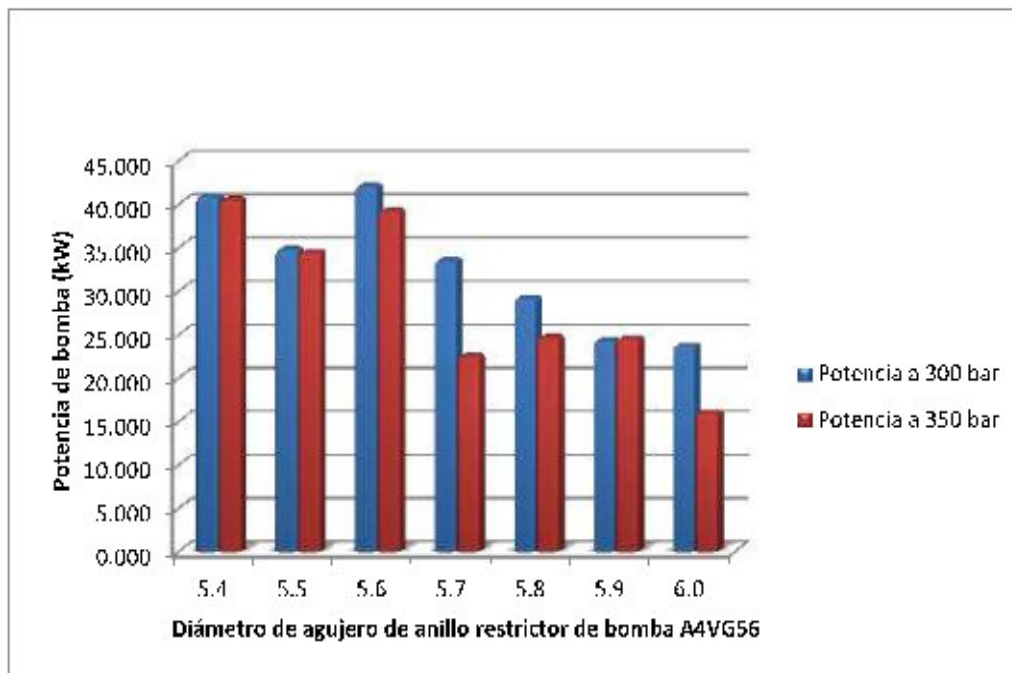
Se muestran los resultados de las pruebas de potencia de la bomba hidráulica A4VG56 a diferentes velocidades rpm del motor diésel.

Potencias de bomba a una presión aproximada de 300 bar.

Diámetro (mm)	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0
Potencia (kW)	40.902	34.796	42.099	33.520	29.213	24.329	23.748
Q1 (L/min)	81.281	69.567	83.857	66.783	58.282	49.224	47.380
p1 (bar)	301.922	300.110	301.221	301.162	300.743	296.559	300.724

Potencias de bomba a una presión aproximada de 350 bar.

Diámetro (mm)	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0
Potencia (kW)	40.526	34.496	39.242	22.504	24.673	24.547	16.012
Q1 (L/min)	70.036	59.371	66.945	39.511	42.170	41.944	27.448
p1 (bar)	347.182	348.604	351.709	341.737	351.048	351.546	350.331



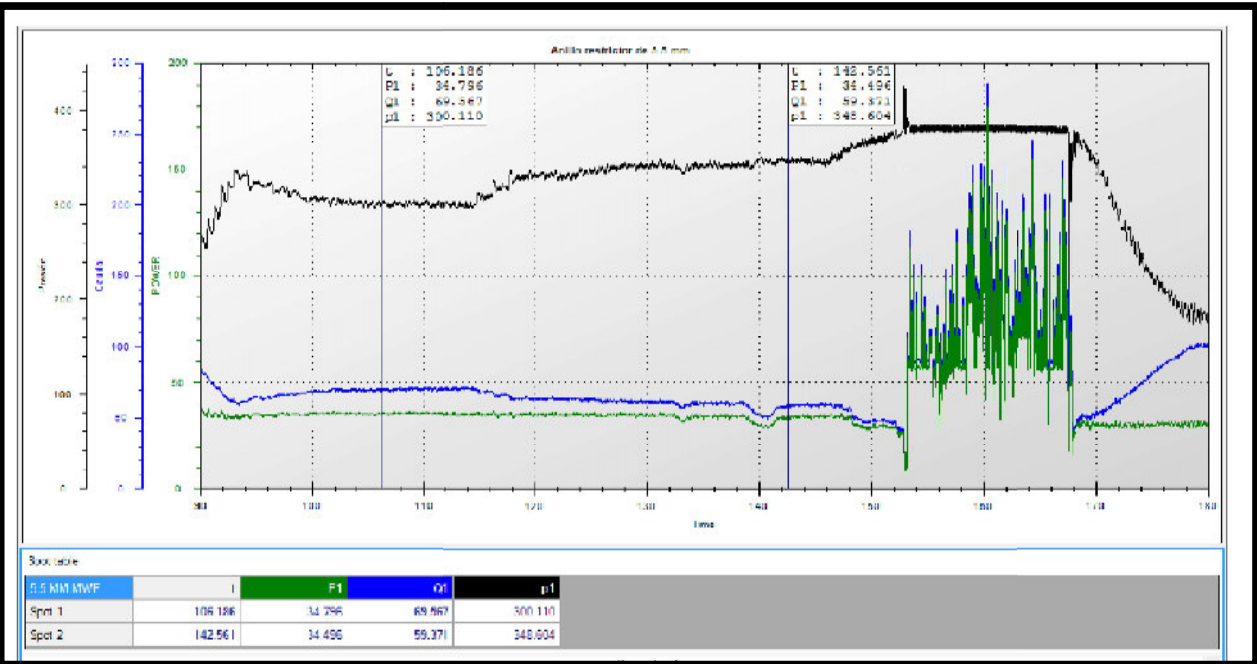
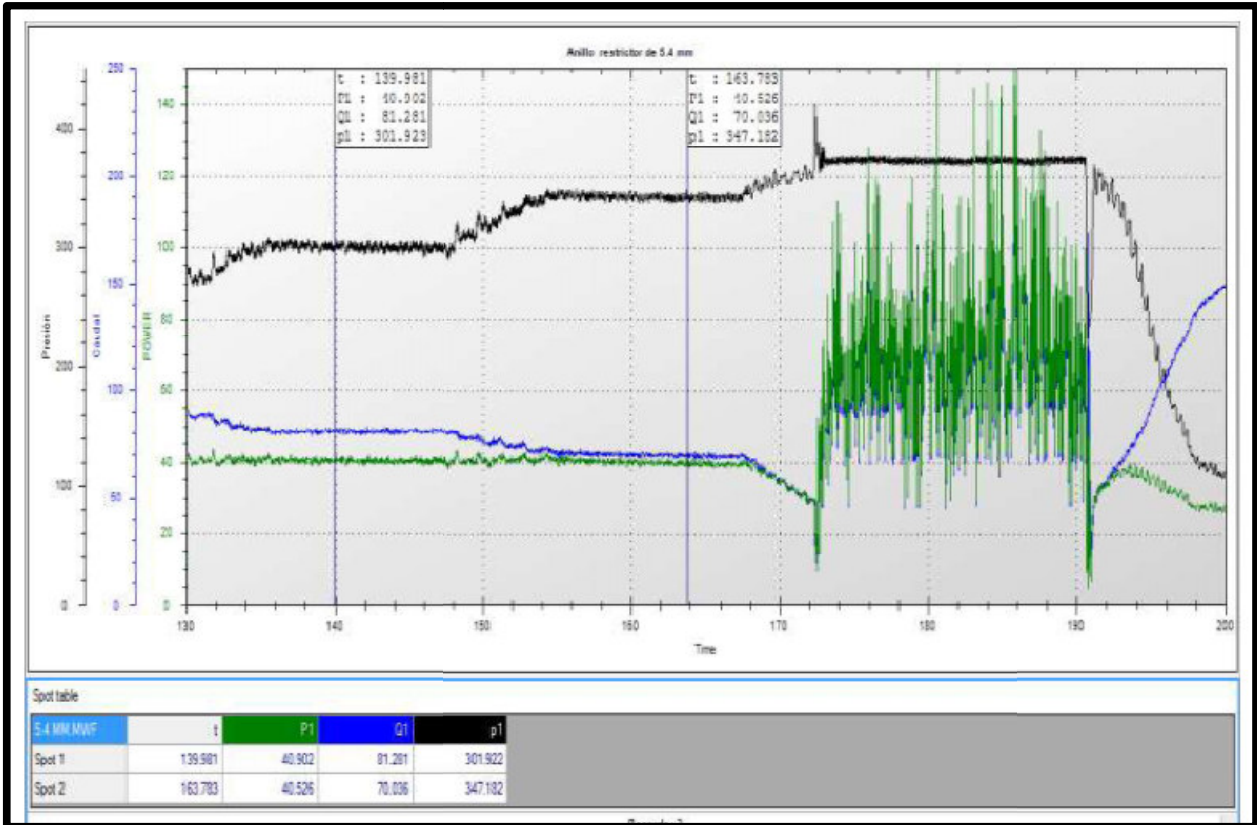
4.2 Analisis de resultados obtenidos

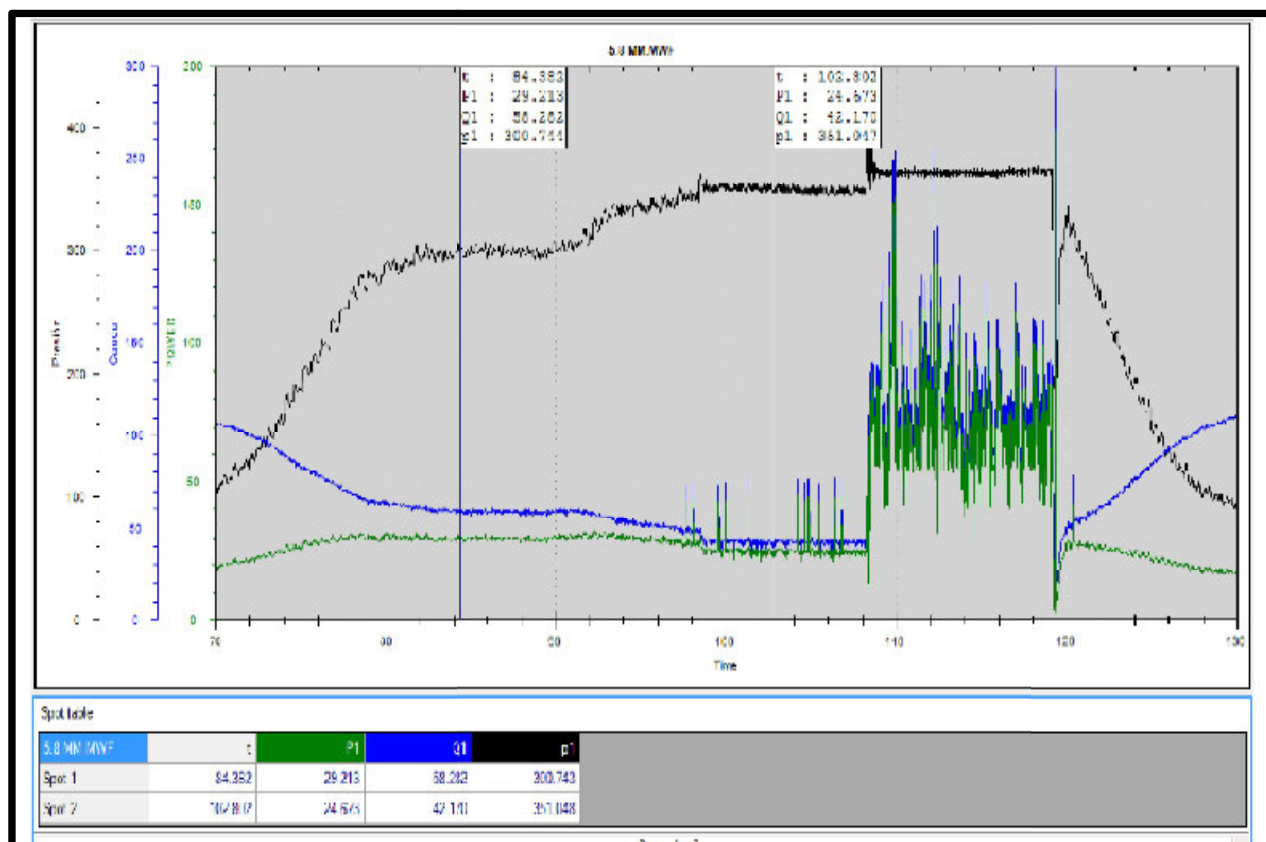
En la figura se muestran las tendencias de las potencias en kW a diferentes presiones de trabajo.

En las figuras adjuntas podemos observar las gráficas obtenidas por el equipo Multihandy.

Caudal de bomba a diferentes diámetros de anillo restrictor a 2790 rpm del motor diésel.

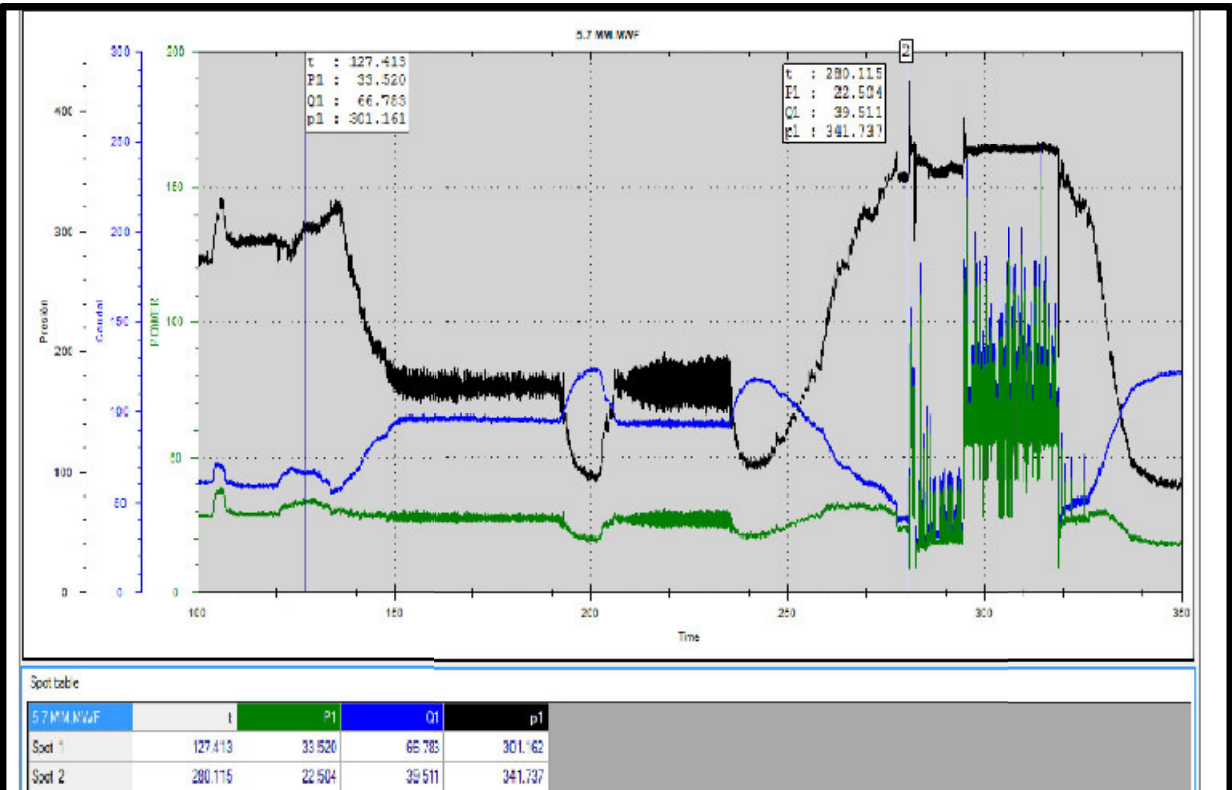
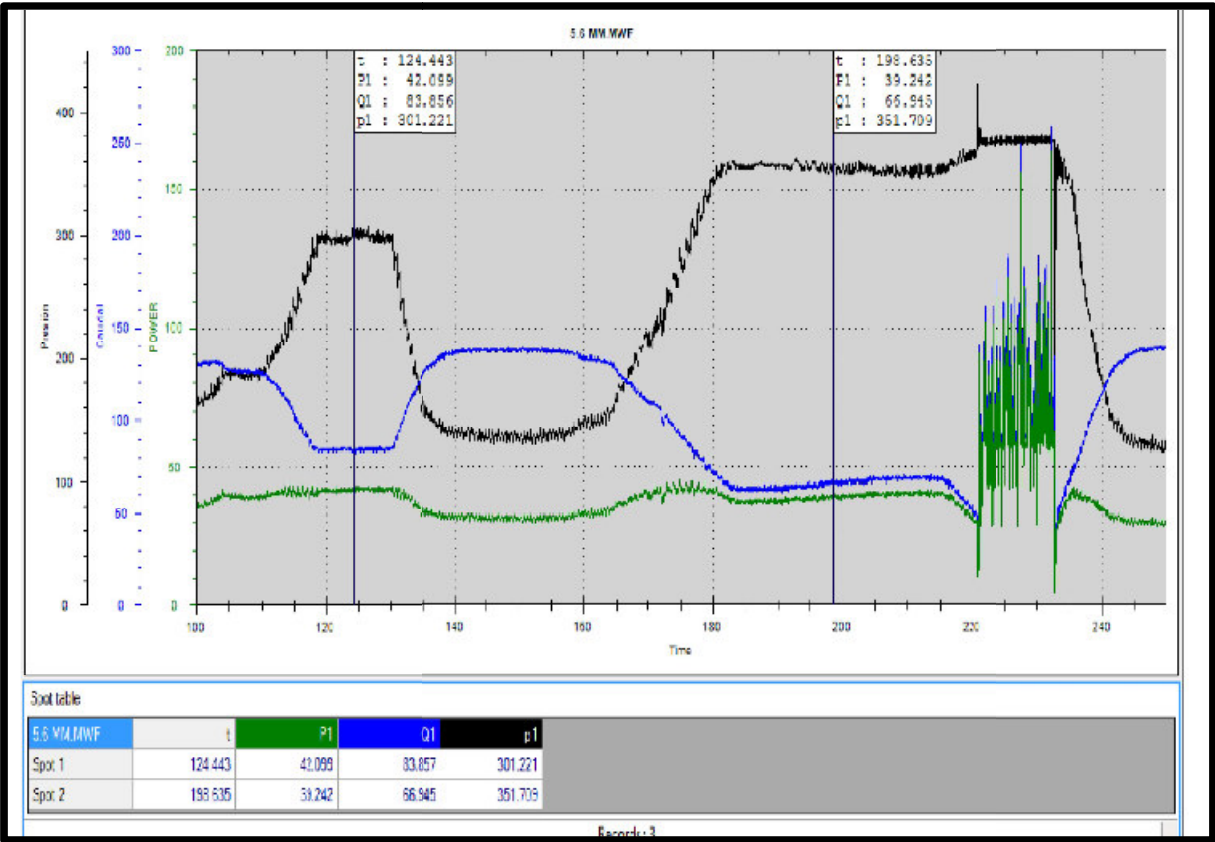
4.3 Prueba final en campo

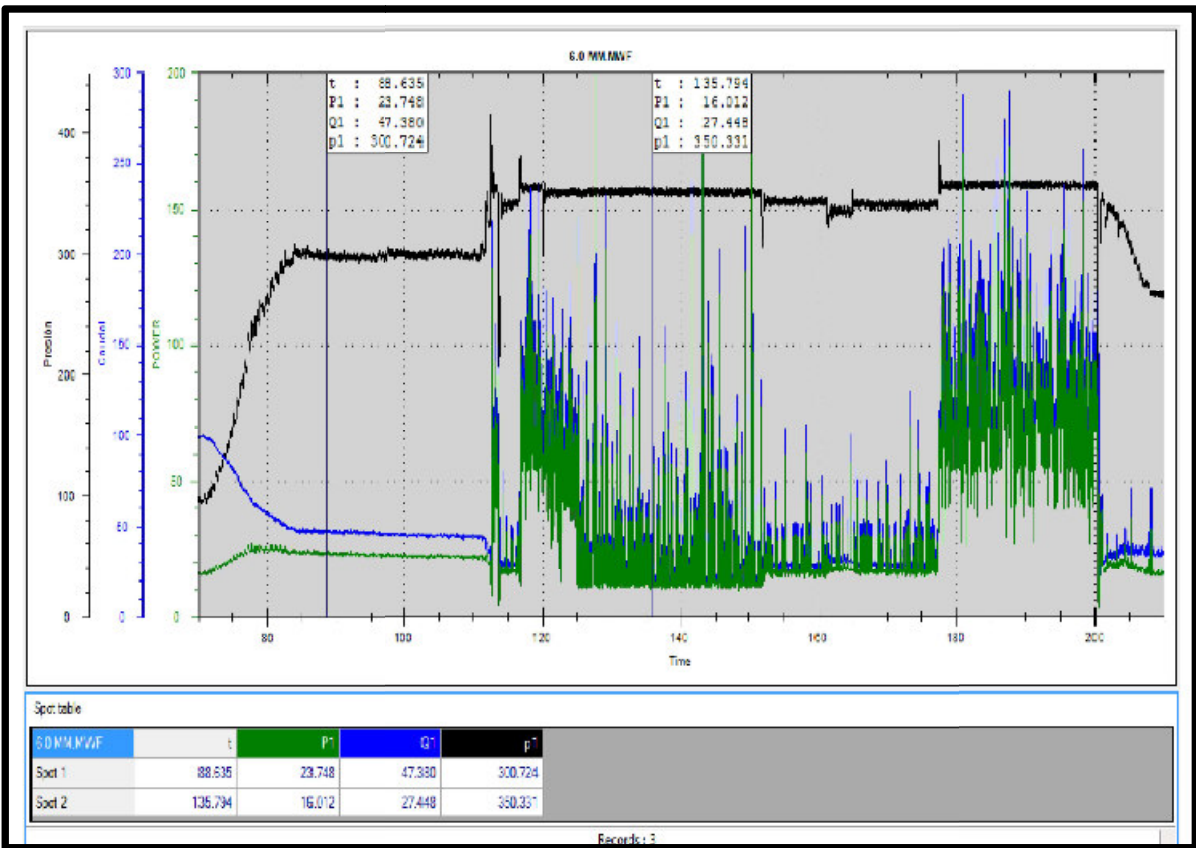




VERIFICAR IMPRESO

[Escriba una cita del documento o del resumen de un punto interesante. Puede situar el cuadro de texto en cualquier lugar del documento. Utilice la ficha Herramientas de cuadro de texto para cambiar el formato del cuadro de texto de la cita.]





CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1) Conclusiones

De los gráficos podemos concluir:

- ✓ La bomba queda configurada con un anillo restrictor de diámetro interno de 5.6 mm.
- ✓ Se logro obtener un mayor caudal de 83.857 L/min, con una diferencia respecto a la configuración inicial de 17.074 L/min.
- ✓ Se logró Incrementar la potencia de la Bomba hidráulica REXROTH modelo A4VG56 en 42.099 Kw, con una diferencia respecto a la configuración inicial de 8.579 Kw.

5.2) Recomendaciones

- ✓ Se recomienda la correcta selección de aceite hidráulico, la viscosidad recomendada a la temperatura de trabajo debe ser idealmente entre **16 y 36 mm²/seg.**
- ✓ Se recomienda la verificación del código de limpieza del fluido en el sistema, el cual debe ser lo indicado por el fabricante de los componentes, según la norma ISO 4406 el código debe ser 18/15 o la norma NAS 1638 el código debe ser Clase 9. El mejoramiento del nivel de limpieza en el fluido oleohidráulico influirá positivamente en la vida útil de los componentes.

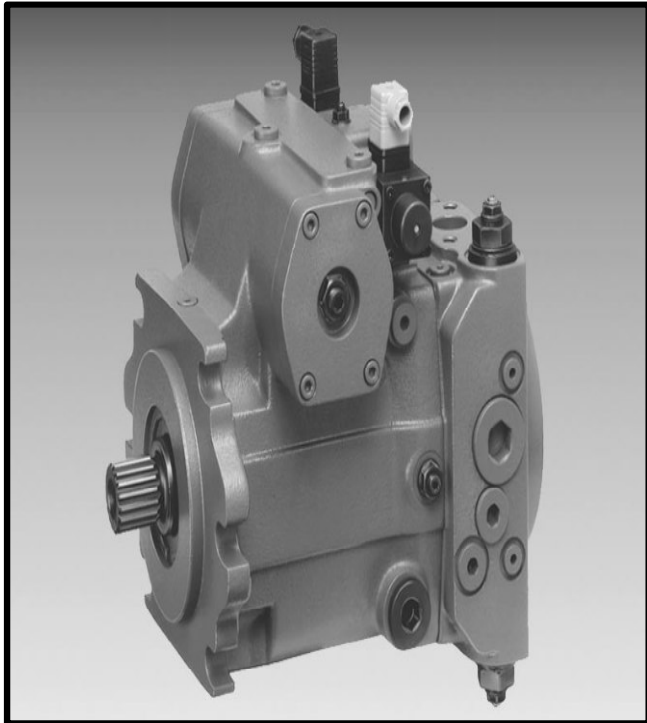
- ✓ Es poco común realizar este tipo de modificaciones, lo recomendable es que fabrica debe realizar estas regulaciones.
- ✓ Reemplazar por una bomba de mayor desplazamiento, por ejemplo en rexroth la A4VG125.

BIBLIOGRAFÍA

1. Continuum Mechanics, Spencer, A. J.M. Logman, 1980
2. Fluid Power Engineering – GALAL RABIEL
3. Hidráulica. Bases y Componentes, Training Hidráulico, Tomo 1 – REXROTH.
4. Manual de Aceros Especiales – BÖLHER.
5. Manual de operación – MULTISYSTEM 5060 PLUS.
6. Motores de automóvil, M.S Jováj y G.S. Máslov. Segunda edición.
7. The Engineering Mannesmann Rexroth. 2012.
8. Termodinámica, Yunus A, Çengel (2009). 6ta edición. Mc Graw Hill.

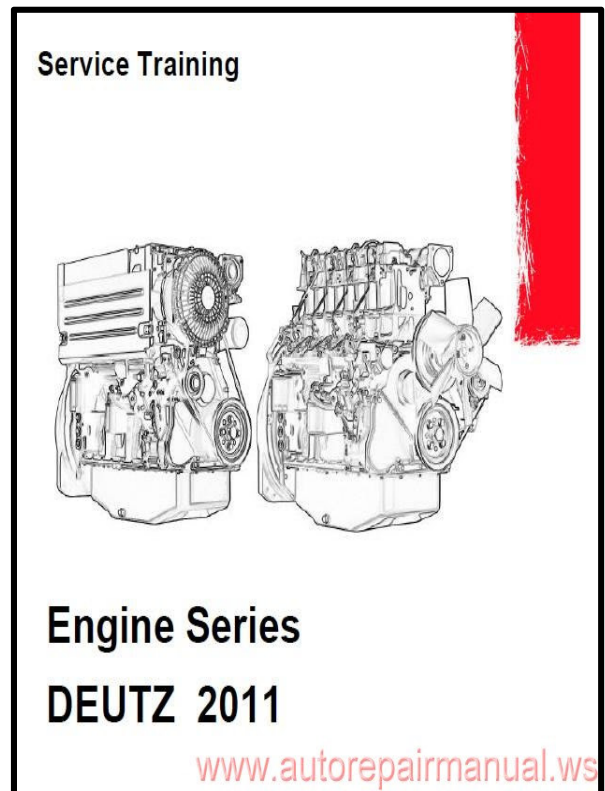
ANEXOS

Anexos 01



BOMBA HIDRAULICA 4AVG

Anexo 02



Anexo 03



Anexo 04



**EQUIPO MINERO SHOTCRETE
(LANZADOR DE CONCRETO)**

Modelo: INJEKTOR 30